



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**„Das bilinguale Gehirn – Die Repräsentation mehrerer Sprachen durch die Messung ereigniskorrelierter Potenziale“**

Verfasserin

**Marlene Roth**

angestrebter akademischer Grad

**Magistra der Philosophie (Mag.phil.)**

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 328

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Allgemeine/Angewandte Sprachwissenschaft

Betreuerin:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Chris Schaner-Wolles



## **Vorwort**

An dieser Stelle möchte ich vorrangig Menschen Dank aussprechen, die mich auf meinem Weg durch das Studium und bisherigen Lebensweg begleitet und gestärkt haben.

In erster Linie danke ich meinen Eltern, die mir diesen akademischen Weg ermöglicht und mitfinanziert haben. Sie waren und sind mir sowohl eine Inspiration, als auch Vorbilder in jeglicher Hinsicht.

Besonderer Dank gebührt auch meiner Diplomarbeitsbetreuerin Ao.Univ.-Prof.Dr. Schaner-Wolles, die mich von Anfang an mit fachkundiger Beratung bei meinem Schreibprozess unterstützt hat. Außerdem möchte ich hier auch Mag. Phil. Raina Gielge erwähnen, die mich mit ihren Literaturtipps und endlosem Emailaustausch immer wieder herausfordern und motivieren konnte. Und weiters noch ein großes Dankeschön an Mag. Phil. Sonja Gruber fürs Korrekturlesen und ihre generelle Unterstützung.

Abschließend, jedoch in vollster Intensität, möchte ich noch Nils und Moses meinen Dank aussprechen. Ihr seid meine Konstante im Leben.

Herzlichen Dank.

The Brain—is wider than the Sky—  
For—put them side by side—  
The one the other will contain  
With ease—and You—beside—

The Brain is deeper than the sea—  
For—hold them—Blue to Blue—  
The one the other will absorb—  
As Sponges—Buckets—do—

The Brain is just the weight of God—  
For—Heft them—Pound for Pound—  
And they will differ—if they do—  
As Syllable from Sound—

(Emily Dickinson, 1862)



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Inhalt.....	1
1.1. Einleitung.....	1
1.2. Inhalt.....	3
2. Das menschliche Gehirn und der Spracherwerb.....	5
2.1. Überblick der Anatomie des menschlichen Gehirns.....	5
2.2. Entwicklung des Gehirns und spezifischer Kompetenzen.....	9
2.2.1. Bildung der anatomischen Grundlagen für den Erwerb von kognitiven Fähigkeiten.....	9
2.2.2. Lateralisierung der Gehirnfunktionen.....	11
2.2.3. Kritische oder sensible Perioden der Entwicklung.....	14
2.3. Gedächtnissysteme.....	18
2.4. Der Erstspracherwerb.....	21
2.4.1. Grundlegende Kontroversen – Behaviorismus und Nativismus, Kognitions- und Autonomiehypothese.....	22
2.4.2. Integrative Spracherwerbstheorie .....	23
2.5. Grundlagen des menschlichen Sprachverarbeitungssystems.....	25
2.5.1. Sprachzentren im Gehirn.....	25
2.5.2. Modularität, Dissoziation und doppelte Dissoziation.....	28
3. Bilingualität.....	29
3.1. Definitionen des Begriffs Bilingualität.....	30
3.2. Erwerb von Bilingualität.....	32
3.3. The Bilingual's Language Modes (F. Grosjean).....	36
3.4. Kognitive Beobachtungen des bilingualen und multilingualen Gehirns.....	39
4. Das EEG.....	42
4.1. Vor- und Nachteile des EEG zu anderen Messmethoden.....	43
4.2. Grundlagen der Nervenzellaktivitäten und Entstehung des EEGs.....	45
4.2.1. Das Ruhe- und das Aktionspotenzial.....	45
4.2.2. Pyramidenzellen.....	47
4.3. Durchführung des EEGs.....	48
4.3.1. Das 10-20 System für die Elektrodenanordnung.....	49
4.3.2. Mögliche Probleme bei EEG-Messungen.....	51
4.4. Frequenzen des EEGs.....	52
4.5. Ereigniskorrelierte Potenziale - EKP.....	53
4.5.1. Positive und negative EKP.....	54
4.5.2. MMN (Mismatch-Negativity).....	54
4.5.3. N400.....	55
4.5.4. (E)LAN ((early) left anterior negativities) und P600.....	56
5. Ausgewählte Beispiele elektrophysiologischer Studien in Bezug auf Bilingualismus.....	57
6. Conclusio.....	61
7. Forschungsausblick.....	63
8. Quellenverzeichnis.....	66
8.1. Abbildungsverzeichnis.....	66
8.2. Tabellenverzeichnis.....	66
9. Bibliografie.....	67
10. Anhang.....	74
A Zusammenfassung.....	74

B Abstract.....	75
C. Curriculum Vitae.....	76

# 1. Einleitung und Inhalt

## 1.1. Einleitung

Die Motivation, diese Arbeit zu verfassen, rührte in meinem Interesse für Bilingualität und die damit verbundenen Auffälligkeiten im Vergleich zu monolingualen Sprechern. Zusätzlich schlug ich auch im Laufe des Studiums immer mehr die Richtung der Kognitionswissenschaft und der Forschung bezüglich dem menschlichen Gehirn und der Sprachverarbeitung ein. Mit dem Verfassen dieser Diplomarbeit sah ich eine gute Chance, meine Interessen zusammenzubringen und dieses leider immer noch vernachlässigte Gebiet zu einer übersichtlichen und kurz gehaltenen Theoriearbeit zu resümieren. Es existieren bereits viele Studien zur monolingualen Sprachverarbeitung im Gehirn. Sowohl auf semantischer, als auch syntaktischer oder phonologischer Ebene. Die daraus gewonnen Erkenntnisse können jedoch schwer auf bilinguale Sprecher umgemünzt werden, da man hier in einigen Zusammenhängen von anderen Verarbeitungsmechanismen ausgehen muss. Weniger die Frage der lokalen Repräsentation von einzelnen Gehirnarealen soll hier den Fokus darstellen, viel mehr kam es mir auf die funktionelle Seite der Sprachverarbeitungsmechanismen an. Mit Hilfe von modernen Messtechniken, beispielsweise diversen Neuroimaging Methoden, ist es der Forschung schon möglich, das Gehirn und seine Prozesse fast zeitgleich beim Arbeiten zu beobachten, und auf Grund weiterer Arbeitsschritte, das Gemessene zu analysieren. Die älteste Methode in diesem Bereich stellt das EEG (Elektroenzephalogramm) dar. Aber trotz seines Alters stellt das EEG nach wie vor eine in seiner Effizienz und Einfachheit fast unschlagbare Methode dar, um immer wieder neue Aufschlüsse und Ergebnisse in der Forschung der Sprachverarbeitung im Gehirn zu geben. Im Mittelpunkt dabei stehen ereigniskorrelierte Potenziale (EKP), deren Auswertung das Ziel einer EEG-Messung darstellen. Durch den Vergleich dieser EKP bei verschiedenen Studien, Probanden und deren diversen sprachlichen Kenntnissen können viele Rückschlüsse auf die eigentliche Sprachverarbeitung des Gehirns gezogen werden. In diesem Bereich einen klaren Überblick zu verschaffen und bereits vorhandene Ergebnisse zu vergleichen, war der Anspruch dieser Diplomarbeit.

In der vorliegenden Arbeit wurden diverse Personenbezeichnungen nicht gegendert. Dies



hat aber weder etwas mit meiner persönlichen Einstellung, noch mit einer Stellungnahme in eine gewisse Richtung zu tun. Es sollen sich, in jedem Fall, beide Geschlechtergruppen angesprochen fühlen.

## **1.2. Inhalt**

Nach dem einleitenden Kapitel 1, geht es in Kapitel 2 in erster Linie um diverse Grundlagen, was einerseits die Anatomie des menschlichen Gehirns, andererseits den Erstspracherwerb und damit verbundene Fragestellungen, betrifft. Es soll sowohl ein Einblick in linguistische Theorien zum Thema der sensiblen Perioden in der Sprachentwicklung gegeben werden, als auch in Bezug auf Kontroversen wie Behaviorismus und Nativismus. Auch Chomskys Annahmen, welche aus der Linguistik nicht wegzudenken sind, werden hierbei aufgegriffen und kurz und bündig zusammengefasst.

Kapitel 3 widmet sich dann bereits konkreteren Fragestellungen, was den bilingualen Spracherwerb betrifft. Eine klare Definition und Abgrenzung des Begriffs „Bilingualität“, als auch grundlegende Beobachtungen des bilingualen Spracherwerbs werden erläutert. Im Laufe des Kapitels schlägt der Inhalt auch immer mehr die kognitive Richtung ein, und gibt in Kapitel 3.4. eine Zusammenfassung von kognitiven Beobachtungen des bi- oder auch multilingualen Gehirns.

Ein weiteres zentrales Kapitel der Arbeit stellt Kapitel 4 dar. Hier wird auf diverse Messmethoden, welche in vielen Studien mit linguistischen Fragestellungen bezüglich Erstspracherwerb oder auch generell Sprachverarbeitung herangezogen werden, eingegangen. Konkret wird das EEG (Elektroenzephalogramm) erläutert, da diesem viele Vorteile gegenüber anderen, zum Teil auch moderneren, Messmethoden nicht abzusprechen sind. Des besseren Verstehens der weiteren Thematiken wegen, wird auch eine kurze Einleitung in eine eher medizinische Richtung dargeboten. Es werden Themen wie die Nervenzellaktivität und das Ruhe- und Aktionspotenzial behandelt. Alles jedoch mit dem im Vordergrund stehenden Versuch, auch solche komplexeren Themen, einfach und verständlich zu gestalten. Des weiteren wird in diesem Kapitel genauer auf die Durchführung einer EEG-Messung eingegangen. Wie genau sind die Elektroden auf der Schädeloberfläche angeordnet, was wird dabei konkret gemessen und welche Probleme können bei diesem Procedere auftreten sind die zentralen Fragestellungen dieses Kapitels. Weiters wird hier intensiv auf die ereigniskorrelierten Potenziale (EKP)

eingegangen. Die wichtigsten Komponenten dieser, nämlich die MMN, das (E)LAN, die N400 und die P600 werden unter anderem genauer erörtert.

Kapitel 5 widmet sich ausgewählten EKP-Studien und deren Forschungsergebnisse in Bezug auf Bilingualismus. Es wird zuerst die Studie von Weber-Fox und Neville (1996) aufgegriffen, in welcher chinesisch-englische Muttersprachler im Mittelpunkt standen. Folglich wird auf eine Forschungsarbeit von Friederici und Hahne (2001) näher eingegangen, die japanische Muttersprachler mit der Zweitsprache Deutsch testeten. Hahne (2001) führte eine weitere Studie mit russisch sprachigen Probanden durch, welche ebenfalls Deutsch als Zweisprache erworben hatten. Auch diese Ergebnisse werden angeführt und ausgearbeitet. Weiters werden die zuvor erwähnten Forschungsarbeiten verglichen und es wird versucht, Rückschlüsse auf die Sprachverarbeitung in Bezug auf Semantik und Syntax zu ziehen. Abschließend zu Kapitel 5 wird noch eine interessante Studie vorgestellt, welche mit einer konstruierten Grammatik arbeitete, um jeweilige soziolinguistische Umstände und deren mögliche Auswirkungen auf die Studienergebnisse, zu verhindern. Friederici, Steinhauer und Pfeifer (2002) führten diese durch und kamen auch zu brauchbaren Ergebnissen, welche im letzten Teil des Kapitels erläutert werden.

In Kapitel 6 wird eine Zusammenfassung der in der Arbeit gebotenen Inhalte gezogen. Sowohl die einleitenden Kapitel, als auch die Studien- und Forschungsergebnisse werden resümiert und miteinander in Beziehung gesetzt.

Kapitel 7 stellt den Abschluss dieser Arbeit dar, und gibt einen möglichen Forschungsausblick in Bezug auf Bilingualismus und EEG-Messungen. Das noch viel von dieser Forschungsthematik zu erwarten sein kann, möchte ich an dieser Stelle bereits vorausschicken.

## **2. Das menschliche Gehirn und der Spracherwerb**

Das menschliche Gehirn ist ein nur in Ansätzen verstandenes Organ, welches uns Menschen dazu befähigt, äußerst komplexe, kognitive Leistungen zu vollbringen. Es koordiniert wahrgenommene Informationen über die Umwelt und transformiert diese zu persönlichen Erfahrungen. Das Gehirn ist es, dass den Menschen zu höheren geistigen Prozessen befähigt. In diesem Kapitel soll eine Übersicht des Aufbaus und der Aufgaben des Gehirns gegeben werden. Dies soll als Grundlage für weitere neuropsychologische und spracherwerbsspezifische Fragestellungen dienen, und zum Verständnis der folgenden Kapitel beitragen.

### ***2.1. Überblick der Anatomie des menschlichen Gehirns***

Unser Nervensystem ist einzuteilen in ein zentrales und ein peripheres, wobei hier näher auf das zentrale Nervensystem eingegangen werden soll. Dieses kann wiederum unterteilt werden in das Gehirn und das Rückenmark.

Bei einem neugeborenen Menschen beläuft sich das Hirngewicht auf knapp 400 Gramm, bei einem Schulkind in etwa auf 1,4 Kilogramm. Das erwachsene Gehirn ist mit einem Gewicht von 1,3 – 1,5 Kilogramm das zweitgrößte Organ<sup>1</sup> des menschlichen Körpers (Ebe et al., 2002). Es besteht im Grunde aus einer gewölbten Oberfläche (Facies convexa) und einer platten Grundfläche, welche als Hirnbasis (Basis cerebri) bezeichnet wird.

An der Hirnbasis entspringen die sogenannten Hirnnerven. Zwölf Paar Hirnnerven sind vorhanden, und nur die ersten beiden, nämlich der Riechnerv (Nervus olfactorius) und der Sehnerv (Nervus opticus) gehören zum zentralen Nervensystem. Alle anderen sind als Teile des peripheren Nervensystems zu verstehen.

Jeder der Hirnnerven hat eine eigene Aufgabe zu bewältigen. Beispielsweise sind für die Artikulation vier dieser Hirnnerven von Bedeutung:

- VII „Nervus facialis“ (Gesichtsnerv)
- IX „Nervus glossopharyngeus“ (Zungen–Rachen–Nerv)

---

<sup>1</sup> Nach der Leber, denn diese ist mit einem Gewicht von 1,5 – 2 Kilogramm sowohl die größte Drüse als auch das größte Organ des Menschen.

- X „Nervus vagus“ („umherschweifender“ Nerv)
- XII „Nervus hypoglossus“ (Unterzungennerv)

Das Gehirn und das Rückenmark sind von drei Hirnhäuten (Meningen) umgeben, der Pia mater, der Arachnoidea und der Dura mater.

Das Gehirn gliedert sich in das Großhirn (Telencephalon), Zwischenhirn (Diencephalon), Mittelhirn (Mesencephalon), die Brücke (Pons), das verlängerte Rückenmark (Medulla oblongata) und das Kleinhirn (Cerebellum). Jeder dieser Teilbereiche hat gewisse Aufgaben, und nur durch ein Zusammenspiel aller Areale ist der Mensch zu all seinen kognitiven Fähigkeiten im Stande.

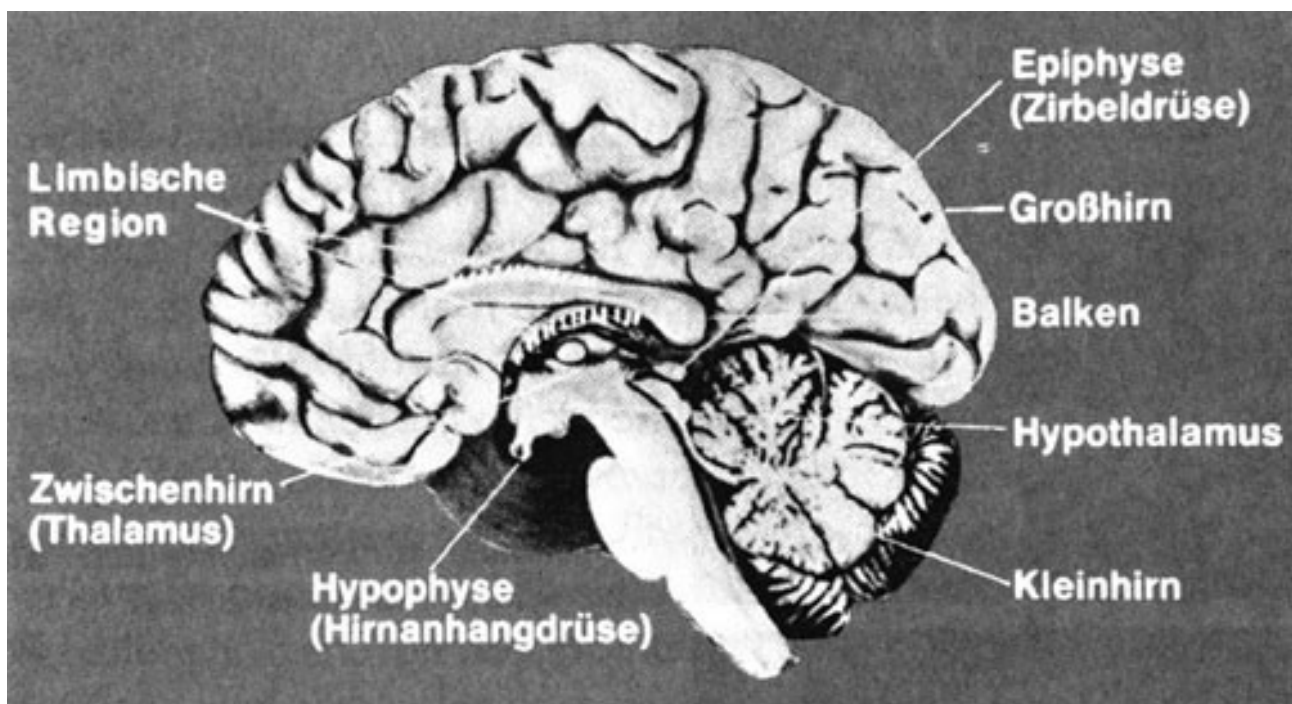


Abb.1: Längsschnitt durch das menschliche Gehirn (aus Vester, 2001, 21)

## Großhirn

Zu den Hauptaufgaben des Großhirns zählen etwa Lern- und Gedächtnisvorgänge, welche für eine unauffällige, kognitive Entwicklung unentbehrlich sind.

Die äußere Schicht des Großhirns ist die Großhirnrinde (Kortex), eine 2-5 Millimeter dicke Rinde. Diese ist für die Datenverarbeitung zuständig und Teil dessen, was als graue Substanz bezeichnet wird. In dieser grauen Substanz befinden sich hauptsächlich Nervenzellkörper. Außerdem sind hier die komplexeren, höheren Hirnfunktionen lokalisiert,

wie etwa die Sprache (Schaner-Wolles, 2005). Unter der Großhirnrinde befindet sich die weiße Substanz, die innere Marksicht. In dieser sind hauptsächlich die Axone<sup>2</sup> der Nervenzellen zu finden.

Grundsätzlich ist das Großhirn in die rechte und die linke Hemisphäre geteilt, und diese beiden Hirnhälften sind nur durch einen schmalen Balken (Corpus callosum) verbunden. Die linke Hemisphäre ist für die rechte Körperhälfte und die rechte für die linke Körperhälfte zuständig. Die linke Hemisphäre ist für Lesen, Schreiben, Sprache verantwortlich, die rechte eher für räumliches Vorstellungsvermögen und Musikverständnis (siehe dazu auch Kapitel 2.2.2.) Diese Verteilung der einzelnen Kompetenzen in den beiden Hemisphären wird als „Dominanz“ bezeichnet (Schaner-Wolles, 2005). Auf Grund der gewölbten Form der Facies convexa treten neben den Gehirnwindungen (Gyri) auch Furchen (Sulci) auf. Die Zentralfurche, eine der Hauptfurchen, teilt die Großhirnrinde in zwei Teile, den vorderen beziehungsweise frontalen Teil und den hinteren beziehungsweise posterioren Teil. Der vordere Teil wird als Stirnlappen (Frontallappen) und der hintere Teil als Scheitellappen (Parietallappen) bezeichnet, hinter welchem sich noch der Hinterhauptlappen (Okzipitallappen) befindet. Die sylvische Furche teilt den Kortex horizontal, und trennt dadurch den Schläfenlappen (Temporallappen) von den oben genannten.

Außerdem befinden sich die sensorischen und die motorischen Rindenfelder in der Großhirnrinde. Diese sind in erster Linie für die Umwandlung externer Impulse zu Wahrnehmungen (sensorische Rindenfelder) und für willkürliche motorische Befehle (motorische Rindenfelder) da.

Weiters sind die primär visuelle Rinde, als Zielgebiet der Sehbahn, und die primär auditorische Rinde, als Zielgebiet der Hörbahn, im Großhirn angesiedelt.

## Zwischenhirn

Das Zwischenhirn ist als eine Art Schaltstation der Impulse zum Endhirn und als hauptverantwortliches Organ für die Muskeltätigkeit zu verstehen. Außerdem steuert es wichtige Teile des Hormonsystems.

Es wird in vier verschiedene Gebiete unterteilt:

- Thalamus (regelt Vorgänge wie Schmerz oder Steuerung psychischer Aktivitäten)

---

<sup>2</sup> Langer Ausläufer der Nervenzellen

- Hypothalamus (kann als übergeordnetes vegetatives Zentrum beschrieben werden, welches neben dem Durst- oder Sättigungsgefühl auch das allgemeine Gefühlsleben, wie etwa Angst, Ekel oder Aggression beeinflusst)
- Hypophyse (ist das Hauptorgan der hormonellen Steuerung)
- Epithalamus (steuert tages- und jahreszeitliche Rhythmen)

### Mittelhirn

Im Mittelhirn befinden sich die Seh-, Hör- und Bewegungszentren, es bildet aber auch die Umschaltstelle zur Übermittlung von Sinneseindrücken.

### Brücke

In der Brücke befinden sich viele Nervenzellen, die Groß- und Kleinhirn miteinander verbinden.

### Verlängertes Rückenmark

Das verlängerte Rückenmark ist für zentrale vegetative Systeme zuständig, und stellt die Verbindung zwischen Gehirn und Rückenmark her. Es ist der evolutionsgeschichtliche Ursprung des Gehirns.

### Kleinhirn

Das Kleinhirn ist neben der Erhaltung des Gleichgewichts auch für die Feinabstimmung von Bewegungen und für motorische Lernvorgänge zuständig.

Ein weiteres wichtiges Gebiet innerhalb des Gehirns ist das limbische System, weil es unter anderem eine wichtige Rolle beim Lernen und dem Gedächtnis spielt. Besonders hervorzuheben ist hier das deklarative Gedächtnissystem (mehr dazu siehe Kapitel 2.3.). Weitere Aufgaben des limbischen Systems haben mit dem Temperaturhaushalt, genau so wie mit dem Blutdruck zu tun. Für genauere anatomische Ausführungen, auch in Bezug auf neuropsychologische Fragestellungen siehe auch Bösel 2006.

## **2.2. Entwicklung des Gehirns und spezifischer Kompetenzen**

### **2.2.1. Bildung der anatomischen Grundlagen für den Erwerb von kognitiven Fähigkeiten**

Aus dem Neuralrohr entsteht im Laufe der Schwangerschaft das zentrale Nervensystem. In den weiteren Monaten einer Schwangerschaft werden viele Milliarden Neuronen gebildet (etwa 250.000 Zellen in der Minute). Diese Zellen machen sich bereits auf den Weg zu den Positionen, welche sie später im ausgereiften Gehirn einnehmen werden. Daraufhin bilden sich an den einzelnen Nervenzellen Auswüchse der Zelle, die sogenannten Dendriten. Diese verzweigen sich, wie Pauen (2006) erwähnt, wie die Äste eines Baumes und dienen als Antennen um mit den Nachbarzellen zu kommunizieren. Dendriten wachsen, um benachbarte Neuronen zu kontaktieren. Dies ist ein Vorgang, der sowohl im Mutterleib stattfindet, als auch nach der Geburt. Jedoch sind die Veränderungen, zumindest was die Anzahl der Dendriten betrifft, in den ersten Lebensjahren am deutlichsten. An jeder Zelle bilden sich weiters Axone. Diese sind, je nach Lage beziehungsweise Aufgabe, unterschiedlich lang. Die Länge kann zwischen einem Tausendstel Millimeter und einigen Dezimetern variieren (Schaner-Wolles, 2005a).

Das Nervensystem baut in einem pränatalen Prozess überschüssige Zellen wieder ab. Dieser Vorgang wird als „programmierter Zelltod“ bezeichnet und ist ein normaler Ablauf in der Entwicklung eines menschlichen Gehirns. So geht es auch bei der weiteren Entwicklung nicht hauptsächlich um die Neubildung von Nervenzellen.

*„Nervenzellen sind funktionell spezialisiert. Die gerichtete Erregungsleitung ermöglicht, dass Nervenzellen ausschließlich örtlich und qualitativ definierte Reize weiterleiten (z.B. nur Schmerzimpulse – aber keine Tastimpulse – von der Fingerkuppe des Zeigefingers – aber nicht vom Mittelfinger -, der die heiße Herdplatte berührt hat).“*

(Nitsch, 2007, 48)

Diese sind, laut Singer (2003), nach der Geburt alle angelegt. Vielmehr geht es um die Verbindungen zwischen diesen. Und gerade im Bereich der Großhirnrinde sind nach der Geburt nicht alle Nervenzellen sofort auch miteinander verbunden. Kognitive Fähigkeiten



und das Dazulernen und weiters deren Festigung könnten ohne Synapsen nicht zu Stande kommen. Ohne diese Zusammenschlüsse würde das Gehirn nicht als solches funktionieren. Doch werden diese Verbindungen nicht immer gleichermaßen produziert. In einem kurzen Zeitfenster um die Geburt herum kommt es zu einer vermehrten Bildung, welche als Synaptogenese bezeichnet wird. Auch hier werden, ähnlich wie bei den Nervenzellen, überschüssige Verbindungen wieder abgebaut (Rausch und Schaner-Wolles, 2008). Solange ein Überschuss an Synapsen vorhanden ist, befindet sich der Mensch in einer sogenannten sensiblen Periode (siehe dazu Kapitel 2.2.3.). In dieser Zeitspanne geht man von einem größtmöglichen Lernpotenzial aus (Schaner-Wolles, 2005a).

Neben dem pränatalen Abbau der Neuronen und dem Abbau von ungenutzten Verbindungen kommt es außerdem zur fortschreitenden „Myelinisierung“ der Axone, wodurch eine Beschleunigung des Informationsaustausches zwischen Hirnarealen und Neuronen stattfindet. Jedes Axon ist, so Pauen (2006), mit einer weißen Substanz- der Myelinscheide - umgeben, welche eine Isolierschicht darstellt, mit dessen Hilfe elektrische Ladungen schnell an verbundene Neuronen weitergeleitet werden können. Am Ende der Axone werden die Neurotransmitter ausgeschüttet. Diese sind Botenstoffe, die zur Weitergabe der Informationen an andere Nervenzellen notwendig sind. Außerdem verhindert die Myelinscheide Interferenzen während der Informationsübertragung (Schaner-Wolles, 2005a). Je besser isoliert, desto schneller der Informationsaustausch. Diese Myelinisierung hat ihre Anfänge bereits in den ersten Schwangerschaftswochen, und kann bis zum sechzigsten Lebensjahr fortfahren, je nachdem um welches Gehirnareal es sich handelt.

Auch die Myelinisierung erfährt ihren Höhepunkt in den ersten Lebensjahren nach der Geburt.

Nach Rausch und Schaner-Wolles (2008) sind dies alles Gründe und Grundlagen für die extreme Formbarkeit und Flexibilität des unauffälligen, kindlichen Gehirns.

*„Diese Prozesse – die anfängliche Überproduktion von Synapsen, das anschließende Stutzen überflüssiger Verbindungen und die Myelinisierung von Axonen – bilden die Grundlagen für die enorme Flexibilität unseres Gehirns während der Kindheit.“*  
(Rausch und Schaner-Wolles, 2008, 23)

Der Erwerb verschiedenster kognitiver Fähigkeiten geschieht mühelos und nebenbei. Ob es sich um motorische Fertigkeiten, soziale Verhaltensweisen oder um eines der komplexesten Systeme - die Sprache – handelt, Kinder scheinen dies alles problemlos aufzunehmen und zu erlernen. Da der Erwerb der verschiedenen Fertigkeiten jedoch auch in unterschiedlichen Hirnarealen stattfindet, diese nun aber schneller oder langsamer als andere reifen, kommt es auch zu einer zeitlich unterschiedlichen Entwicklung der einzelnen Fertigkeiten (siehe auch Casey et al. 2000 und 2005)

Die verschiedenen Reifungsprozesse sind klar definiert. So reift der präfrontale Kortex erst in der Pubertät, wobei sich der sensomotorische Kortex bereits in den ersten Lebensjahren entwickelt.

Ein weit verbreiteter Ansatz ist, dass die individuelle Entwicklung starke Parallelen zur evolutionären Entwicklung des Menschen aufzeigt. Damit erklärt Singer (2003) die spätere individuelle Entwicklung des Präfrontalhirsns, welches evolutionär gesehen auch sehr spät gebildet wurde. Hier sind viele der komplexeren Fähigkeiten lokalisiert, wie etwa die Rolle der eigenen Person in einem sozialen Gefüge zu erkennen. Diese Prozesse und deren Reifungszeit sind angeborene Dinge der menschlichen Entwicklung und mitunter sicherlich ein Grund dafür, dass sich Kinder auf der ganzen Welt, belanglos in welchem Land sie geboren werden oder welcher Ethnie sie angehören, sehr ähnlich entwickeln, was die kognitiven Fähigkeiten betrifft (Schaner-Wolles, 2005a).

### **2.2.2. Lateralisierung der Gehirnfunktionen**

Obwohl die beiden Gehirnhälften fast symmetrisch sind, haben beide unterschiedliche Aufgaben und Funktionen. Diese Verteilung führt zu einer funktionalen Asymmetrie, wie auch Rausch und Schaner-Wolles (2008) aufzeigen. So sind, wie bereits erwähnt, sprachliche Fertigkeiten jeglicher Natur, eher in der linken Hemisphäre verankert. Dies ist teilweise genetisch bedingt, wie durch die bereits beim Fötus erkennbare Präferenz der linken Hemisphäre des Planum Temporale<sup>3</sup>. Die Dominanz der einzelnen Hemisphären hängt zusätzlich davon ab, ob jemand Links- oder Rechtshänder ist. Die Sprachdominanz der linken Hemisphäre liegt bei Rechtshändern bei etwa 99%, wohingegen bei Linkshändern sowohl die linke als auch die rechte Hemisphäre, oder aber auch beide die

---

<sup>3</sup> Region im Temporallappen, welche für die Analyse des sprachlichen Signals von großer Bedeutung ist

tragende Rolle spielen (Jäncke, 2006).

Was die Lateralisierung der Funktionen selbst betrifft, wurden aber noch keine eindeutigen Gründe gefunden. Jedoch gibt es viele Theorien und Ansätze, welche sich zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. So wird beispielsweise beim Ansatz der Invarianz angenommen, dass die sprachliche Dominanz der linken Hemisphäre angeboren sei, was auch nicht form- oder umkehrbar sei. Dem steht die Theorie der Äquipotenz entgegen, welche eine bei der Geburt vollkommene Symmetrie der beiden Gehirnhälften annimmt. Diesem Standpunkt nach übernimmt die linke Gehirnhälfte erst mit der Zeit und der Entwicklung vorwiegend die wichtigen sprachlichen Fertigkeiten. In den letzten Jahren wird eher eine Mischung dieser beiden extremen Ansichten vertreten. So spricht man zwar von genetischen Präferenzen, jedoch wird eine gewisse Formbarkeit von diesen angenommen. Ein Beispiel für diese Annahme bringt auch Schaner-Wolles (2005a), wo der Fall eines Mädchens aufgegriffen wird, dessen linke Hemisphäre mit einem Lebensalter von drei Jahren entfernt werden musste. Trotzdem wuchs es zweisprachig auf (türkisch, niederländisch) und führt - neben leichten Spasmen in den rechten Extremitäten - ein völlig normales Leben. Dies spricht sehr für die vorhin erwähnte Formbarkeit und Flexibilität, was die Aufgabenverteilung der Hemisphären betrifft.

Außerdem kommt in vielen Studien immer wieder die Frage auf, ob bei später gelernten Zweitsprachen andere Areale zuständig sind, als bei der Erstsprache beziehungsweise den Erstsprachen. So gibt es die Theorie, dass die rechte Hemisphäre bei Zweitsprachen eine größere Rolle in der Verarbeitung spielt. Nach Meisel (2003) kommt es zu einer vermehrten Involvierung der rechten Hemisphäre bei einem Erwerb nach dem vierten Lebensjahr. Weiters gab es bei anderen Studien und Untersuchungen auch Hinweise dafür, dass bei bilingualen Sprechern die beide Sprachen sehr früh erworben haben, beide Gehirnhälften zur Verarbeitung beitragen, und zwar in einem ziemlich ausgeglichenen Maß. Auf Grund dieser Ansätze von Meisel (2003) kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die rechte Hemisphäre bei zweisprachigen Menschen entscheidende Aufgaben übernimmt, und somit von größerer Wichtigkeit für die Sprachverarbeitung zu sein scheint, als bei monolingualen Sprechern.

Solche Annahmen können - wie sooft in der Neurolinguistik - aber schwer bewiesen werden, somit versucht man mittels Untersuchungen von Zweisprachigen, deren rechte Hemisphäre geschädigt ist, Überprüfungen durchzuführen. Man würde annehmen, dass bei solchen Krankheitsbildern, viele Anzeichen von aphasischen Störungen zu finden sind, dem ist aber nicht so. Hull und Vaid (2007) haben sich auch dieses Themas angenommen,

und kamen mit ihren Untersuchungen zu dem Schluss, dass das Entscheidende hierbei das Erwerbsalter der Sprecher ist. So meinen die Autoren, dass ein Erwerb beider Sprachen vor dem sechsten Lebensjahr, also ein altersspezifisch anderer Ansatz als bei Meisel (2003), eine Verarbeitung beider Sprachen in beiden Hemisphären zur Folge hat, wohingegen sich bei dem späteren Erwerb der Zweitsprache die Sprachverarbeitung eher in der linken Hemisphäre abspielt. Weiters geben die Autoren an, dass bei weniger geübten Sprechern einer Zweitsprache, auch eine deutliche Dominanz der linken Hemisphäre zu beobachten sei. Menschen mit zwei Erstsprachen wiederum zeigen, Hull und Vaid zufolge, in jeglichen Konditionen ein Zusammenspiel beider Hemisphären. Mit dieser Fragestellung und der Untersuchung von Lateralisationseffekten wird auch immer wieder das Thema des Geschlechts der Sprecher aufgegriffen. Nitschs (2007) Untersuchung geht in diese Richtung. Im Vergleich zu bisherigen Ergebnissen gegenteiligen, geht sie von einer unterschiedlichen Aktivierung der linken und rechten Hemisphären aus.

*„Männer zeigten eine Tendenz zur bilateralen Aktivierung, vor allem im Broca-Zentrum, während Frauen ein links-lateralisiertes Aktivierungsmuster aufwiesen.“*

(Nitsch, 2007, 61)

Doch erwähnt die Autorin auch, dass sich bei Einbeziehung anderer Studienergebnisse, kein klarer Ansatz formulieren lasse. Man ging lange Zeit davon aus, dass Frauen über eine flüssigere Ausdrucksweise und Sprachproduktion verfügen, wohingegen bei Männern die sprachanalytischen Fähigkeiten besser ausgebildet sind. Diese Annahmen sind jedoch nicht nachweisbar, denn bei einer kritischen Betrachtung vieler Forschungsergebnisse zeigt sich, dass weder signifikante Geschlechtsunterschiede, noch Unterschiede, was die regionale Aktivierung betrifft, bestätigt werden konnten.

*„Insofern sind Geschlechtsunterschiede zumindest teilweise sozial konstruierte Unterschiede, die aber nichtsdestoweniger für jedes Individuum von Bedeutung sind.“*

(Nitsch, 2007, 61)

Damit soll nur ein kleiner Denkanstoß in Richtung Gender Studies gegeben werden, auf die Konstruiertheit von Geschlecht soll aber in dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden. Bei näherem Interesse dazu, siehe unter anderem Butler (1991) oder Fausto-Sperling

(2000). Wie in diesem Kapitel erkennbar, ergeben sich aus den bisherigen Forschungsansätzen zahlreiche Überlegungen in Richtung Organisation von Sprache beziehungsweise Sprachen im menschlichen Gehirn. Nur - wie hier bereits zu erkennen ist - sind sich die Autoren nach wie vor nicht einig, welche Rolle nun die rechte Hemisphäre bei Sprachverarbeitung wirklich spielen kann.

### **2.2.3. Kritische oder sensible Perioden der Entwicklung**

Ebenfalls ein umfangreiches, viel diskutiertes und sehr wichtiges Thema ist das der kritischen beziehungsweise sensiblen Perioden. Bereits Konrad Lorenz, ein österreichischer Zoologe (1903-1989), welcher berühmt wurde für seine Untersuchungen von Vögeln (unter anderem Graugänse), zeigte bereits 1937, dass Vögel kurz nach ihrem Schlüpfen aus dem Ei, eine unwiederbringliche, kindliche Prägung durchleben, nämlich die sofortige Fixierung auf das erste, sich bewegende Objekt, das sie wahrnehmen (sei es die Vogelmutter oder ein anderes Lebewesen). Später funktioniert diese intensive Bindung nicht mehr in dieser Art und Weise, vor allem was die Intensität betrifft. Auch auf den Menschen können diese Beobachtungen gut übertragen werden, so spricht man mittlerweile von einer der wichtigsten Phasen, gleich nach der Geburt, der „Bindungsphase“ (engl.: „bounding“), welche eine entscheidende Rolle im weiteren Bindungsverhalten des Säuglings ausmachen soll. Eric Lenneberg (1967) übertrug diese Erkenntnisse auf den menschlichen Spracherwerb. Er ging von spezifischen, kritischen Perioden bezüglich des Spracherwerbs aus, welche etwa in einem Alter von 2 – 3 Jahren einsetzen<sup>4</sup>. Das Ende der kritischen Periode für den Spracherwerb definierte Lenneberg mit dem 13. Lebensjahr beziehungsweise dem einsetzen der Pubertät. Diese Ansicht wurde im Folgenden unter der sogenannten „earlier is better hypothesis“ geführt und stand in konkretem Gegensatz zur „less is more hypothesis“ von Newport (1990), welche eher von einer kognitiven Limitation bei Kindern ausgeht. So könne nur eine gewisse Menge an beispielsweise Bedeutungen und/oder Formen für ein gelerntes Wort abgespeichert werden. Lennebergs Theorie wurde in den Folgejahren bis heute weiterentwickelt und präzisiert.

---

<sup>4</sup> Der doch recht späte Altersansatz geht auf eine von Lenneberg angenommene cerebrale Unreife bis zum zweiten Lebensjahr zurück.

*„Eine kritische Periode wird als ein biologisch vorgegebenes Zeitfenster gesehen, währenddessen das Gehirn für ganz bestimmte Reize aus der Umgebung besonders „offen“ ist. Diese spezifischen Reize ermöglichen während so einer Phase den schnellen und effizienten Erwerb von ganz bestimmten Fähigkeiten, wie z.B. Sehen oder Sprache.“*  
(Rausch und Schaner-Wolles, 2008, 27)

Das bedeutet, dass gewisse Kompetenzen nur in bestimmten Entwicklungsphasen erworben werden können, und ein Erwerb danach unmöglich ist.

Außerdem wird, wenn man von kritischen Perioden spricht, impliziert, dass sich diese Zeitfenster schnell öffnen und schließen, was die Möglichkeiten der Informationsaufnahme sehr unflexibel macht.

Heutzutage spricht man eher von sensiblen, und nicht wie zuvor von kritischen, Perioden, denn man geht davon aus, dass sich diese Zeitfenster nicht so abrupt öffnen und schließen, sondern eine längere Übergangszeit benötigen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird auch nur noch dieser Terminus verwendet. Hensch (2004) sieht die sensiblen Perioden als eine Mischung von Genen und postnataler Umwelt und Umgebung, die entscheidend zu einer Prägung beitragen. Diese Ansicht war jedoch nicht immer die vorherrschende. Bis vor etwa vierzig Jahren gab es teilweise noch die Auffassung einer „tabula rasa“. Dabei ging man von einer völlig leeren, mit Erfahrungen bespielbaren „Festplatte“ im Gehirn aus, die jeder Mensch in gleicher Voraussetzung mitbringe. Die Theorien dazu gingen sogar soweit, dass auch gewisse psychosomatische Krankheitsbilder rein auf Umwelteinflüsse zurückgeführt wurden (zum Beispiel Schizophrenie). Man verneinte jeglichen Zusammenhang mit einer genetischen Grundausstattung. Auch heute gehen die Meinungen noch auseinander, so wird auch oftmals das extreme Gegenteil angenommen. Auch diese Ansicht, meint Singer (2003), ist ein Extrembeispiel, und nicht argumentierbar. So ist er auch mit Hensch (2004) einer Meinung, dass ein Mittelweg zwischen erworbenen und angeborenen Faktoren der richtige sei. Man spricht förmlich von einer Explosion an Reizen nach der Geburt, welche die Entwicklung entscheidend mit prägen. Laut Singer (2003), können Strukturänderungen, wenn es in einer sensiblen Phase zu keinem entsprechenden Reiz kommt, im Mikroskop sichtbar gemacht werden: Nervenzellen werden kleiner, die Verästelungen der Dendriten weniger und die Zahl der Synapsen nimmt ab (Singer, 2003). Im Erwachsenenalter bleibt die Möglichkeit einer Anpassung bereits bestehender Synapsen. Somit kann auch als

erwachsener Mensch neu gelernt beziehungsweise umgelernt werden, nur meist etwas schleppender. Doch scheint es keine generalisierbare Erklärung zu geben, denn

*„[es] lässt sich im Einzelfall nie angeben, inwieweit ein bestimmtes Verbindungsmuster von genetischen oder erfahrungsbedingten Faktoren geprägt ist, [...]“*

(Singer, 2003, 9)

Der Erwerb spezifischer Kompetenzen und die Entwicklung jener kann also nur erfolgen, wenn der passende Teil des Nervensystems zur richtigen Zeit stimuliert wird.

Verschiedenste Experimente haben diese Annahme auch gestärkt. So hat man prä- und postnatale selektive Deprivation<sup>5</sup> durchgeführt. Wurde dies innerhalb einer sensiblen Periode getan, so bildeten sich die Funktionen nicht nur nicht aus, sondern auch ein späteres Erlernen war nicht mehr möglich. So kommt es beispielsweise bei Affen, die im jungen Alter von der Umgebung isoliert werden, zu einem gestörten Sozialverhalten, welches auch später nicht aufzuheben ist (Birbaumer und Schmidt, 2006). Weiters gehen Rausch und Schaner-Wolles (2008) nicht nur von einer einzigen sensiblen Periode aus, sondern nehmen mehrere Teilperioden an, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten, und den Erwerb verschiedener sprachlicher Kompetenzen ebnen. So wird die Phonologie schon sehr früh erworben, während sich beispielsweise die Semantik erst viel später entwickelt. Es ist, betont auch Meisel (2003), die phonologische Komponente in ihrem Erwerb auch als erste abgeschlossen und weiters dann auch nicht mehr zugänglich. Der Autor spricht hier auch von einer ungefähren Schätzung der Altersbeschränkungen bezogen auf die sensiblen Perioden und den Erwerb von sprachlichen Fähigkeiten innerhalb dieser Zeitspannen. So ist die optimale Phase zwischen 1,5 Jahren und 2 Jahren anzunehmen. Außerdem wird das Ende dieser Perioden zwischen 7 und 10 Jahren eingeordnet (mehr zu Erwerbsgeschwindigkeit, vor allem in Bezug auf Mehrsprachigkeit, siehe Kapitel 3.2.). Doch bleibt festzuhalten, dass die Zeitspannen für einen mühelosen, natürlichen Erstspracherwerb umstritten und vermutlich auch individuell variabel sind (Meisel, 2003). In Bezug auf Sprachkompetenz kann weiters erläutert werden:

*„Hier könnte das frühe Angebot einer zweiten Sprache die Nutzung natürlicher Ressourcen ohne Überforderung optimieren.“*

(Singer, 2003, 11)

---

<sup>5</sup> Entzug beziehungsweise Entbehrung

Die Theorie der sensiblen Perioden hat innerhalb der Forschung einiges in Gang gesetzt und verändert. Jedoch gibt es nach heutiger Sicht auch Ansätze, wonach die neuronale Plastizität zum Teil auch ein immer bestehendes Phänomen des menschlichen Gehirns ist.

*„Neuronale Plastizität ist als natürliche Reaktion auf Änderungen in der Umwelt lebenslang vorhanden.“*

(Nitsch, 2007, 51)

Die Autorin betont im Zuge dessen aber auch die unterschiedlichen Plastizitätsraten der Gehirnregionen, wobei die höchsten Raten wohl bei sekundären und multimodalen Cortexarealen anzusiedeln sind. Unter anderem jene Erkenntnisse haben in den letzten Jahren dazu beigetragen, dass sich eine gewisse Trainingsindustrie etabliert hat, welche frühkindliche Förderungen als deren Hauptaufgabe sieht. Es ist aber, kognitiv gesehen, bisher noch nicht bekannt, ob bei einer übermäßigen Entwicklung einer bestimmten Kompetenz eine andere zu leiden hat. Singer (2003) bringt ein anschauliches Beispiel einer musikalischen Frühförderung des Geigenspielens. So räumt die Großhirnrinde früh geübten Geigenspielern der linken Hand mehr Raum ein, als solchen, die dies nicht betreiben. Ob nun einer anderen Fähigkeit dadurch weniger Platz zukommt, ist unklar. Doch ist es eine Tatsache, dass kein Kind dem anderen gleicht, auch wenn es sich etwa um eineiige Zwillinge handelt. Denn Synapsen bilden sich in verschiedene Richtungen aus, und Erfahrungen unterscheiden sich in ihrem Vorkommen genauso wie in ihrer Verarbeitung. So wäre es auch wichtig, individuelle Bedingungen für die Entwicklung eines jeden Kindes zu schaffen. Dies ist jedoch in vielen Bereichen nach wie vor nicht der Fall. Als Beispiel wäre hier die Einteilung der verschiedenen Schulstufen ausschließlich nach dem Alter zu nennen. Die zeitlich festgesetzten, sensiblen Phasen verlangen förmlich nach einer nicht rein altersadäquaten sondern vielmehr nach einer „entwicklungsadäquaten“ Förderung. In Bezug auf Sprache kann man von einem weitgehend mühelosen Erwerb sprechen, wo auch im Normalfall keine speziellen Förderungsmaßnahmen notwendig sind. Kinder wollen sprechen, sich mitteilen und kommunizieren (Singer, 2003). Generell ist - auch auf Spracherwerbsförderung bezogen - zu konstatieren, dass das Alter einen wesentlichen Einfluss auf den Erwerbsprozess hat. Es handelt es sich beim Erstspracherwerb um einen natürlichen, unbewussten Vorgang (mehr zum Thema Erstspracherwerb siehe Kapitel 2.4.). Metasprachliche Fähigkeiten, wie etwa das Reflektieren über Sprache, entwickeln sich erst viel später. Nämlich in einem Alter, wo die



Erstsprache mit ihrer meist komplexen Syntax bereits erworben ist. Jüngere Kinder können beispielsweise den Begriff „Wort“ als solches mit seiner eigentlichen Bedeutung noch nicht erfassen. So bringt Schaner-Wolles (2010) das eindrucksvolle Beispiel, dass jüngere Kinder bei der Aufforderung ein langes Wort zu nennen, oftmals die Antwort „Zug“ geben. Die gezielte Reflexion über Grammatik setzt generell kognitive Fähigkeiten voraus, welche das Kind erst später erwirbt, nämlich in einem Alter von frühestens 10–12 Jahren.

*„Sprachliche Frühförderung sollte demnach kein Sprachunterricht im engeren Sinn sein.“*  
(Schaner-Wolles, 2010, 19)

Außerdem soll hier betont werden, dass das Material für die sprachliche Frühförderung dem Alter beziehungsweise Entwicklungsstand des Kindes genau entsprechen sollte, denn weder Unter- noch Überforderung ist hier angebracht (Schaner-Wolles, 2010). Leider wird Förderung fast ausschließlich mit zuvor festgestellten Defiziten in Verbindung gebracht. Dabei kann es aber oft schon zu spät sein. Förderungen jeglicher Art sollten als präventive Maßnahme und zusätzliche Hilfe, was die Entwicklung des Kindes betrifft, gesehen werden. So ist dies auch Aufgabe der Bildungseinrichtungen, neben den Familien, die Sprachentwicklungsphasen der Kinder zu unterstützen und zu fördern. Der Sprachentwicklungsprozess ist ein kontinuierliches Wachsen und Lernen. Auch die frühesten Versuche der Kinder sich mitzuteilen sollten wahr- und ernst genommen werden.

### **2.3. Gedächtnissysteme**

Alles, was wir in unserem Leben gelernt und erworben haben, ist in verschiedenen Gedächtnissystemen gespeichert. Erst die bereits mehrmals erwähnte Plastizität unseres Nervensystems ermöglicht uns das Erlernen verschiedener Dinge und auch das Behalten des Erlernenen.

*„Unter Lernen verstehen wir den Erwerb eines neuen Verhaltens oder Wissens, das bisher im Verhaltensrepertoire des Organismus nicht vorkam.“*  
(Birbaumer und Schmidt, 2006, 402)

Entscheidend ist dabei natürlich auch das Behalten der Information beziehungsweise der erlernten Prozesse. Bis zur Speicherung neuer Daten in unserem Gehirn gilt es einige

Stationen zurückzulegen. In der kognitiven Psychologie wird das sensorische-, das Kurzzeit- und das Langzeitgedächtnis unterschieden.

Das sensorische Gedächtnis ist eine Art Zwischenspeicher aller Informationen, die über unsere Sinne aufgenommen werden, ganz unabhängig wie und ob sie bewusst oder unbewusst wahrgenommen werden. Einzuteilen ist das sensorische Gedächtnis in einen visuellen beziehungsweise ikonografischen und in einen auditorischen beziehungsweise echoischen Speicher (Eysenck und Keane, 2005). Sperling (1960) leistete in diesem Bereich Pionierarbeit und zeigte anhand von Experimenten folgenden wichtigen Punkt:

*„[...] more is seen, that can be remembered [...].“*

(Sperling 1960, 1)

Dies impliziert laut dem Autor, dass es eine Art Limit des Gedächtnisses geben muss, denn sonst müsste das Gehirn alles Gesehene auch sofort speichern. Außerdem, so Sperling, dürfte mehr Information verfügbar sein, während und eventuell auch nach dem wahrgenommenen Stimulus (Sperling, 1960). Einer der bekanntesten Methoden Sperlings, um diese Thesen zu verifizieren, war die sogenannte Teilbericht-Methode. Dabei wurde den Probanden eine Anordnung von 3 Reihen mit jeweils 4 Buchstaben gezeigt, aber nur etwa für 50 Millisekunden. Es konnten danach meist nur 4 oder 5 Buchstaben wiedergegeben werden, alle Versuchspersonen konnten jedoch versichern, mehr Buchstaben gesehen zu haben. Nur waren sie außer Stande, diese abzurufen. Dieses Ergebnis zeigt, dass viele der visuellen Stimuli bereits wieder verblassen, bis die Information weitergegeben werden kann. Außerdem beginnt aufgenommene Information im sensorischen Gedächtnis bereits nach etwa einer halben Sekunde wieder zu verblassen (Eysenck und Keane, 2005). Wie bereits erwähnt, ist neben dem ikonografischen noch das echoische System zu nennen. Auch dies ist eben Teil des sensorischen Gedächtnisses, und bedeutet nichts anderes, ähnlich dem ikonografischen Gedächtnis, als eine kurzlebige Speicherung von eingegangener Information, die man meist gar nicht bewusst wahrgenommen hat. Eysenck und Keane (2005) geben hier folgendes Beispiel an, um dies zu veranschaulichen. Ist man gerade dabei etwas zu lesen, und wird von einer anderen Person nebenbei etwas gefragt, so fragt man gerne noch einmal nach, was die Person denn gesagt hat, da man ja abgelenkt war. Oftmals ist es hier aber der Fall, dass man nach kurzer, bewusster Überlegung, selbst weiß, was die andere Person gefragt hat. Somit war diese Information gespeichert, und man konnte sie

abrufen, bevor sie wieder verblasst wäre. Die Autoren gehen von einer Dauer des echoischen Gedächtnisses von etwa 2 Sekunden aus, da diese Zeitspanne auch Ergebnis anderer Experimente dazu war (Eysenck und Keane, 2005). Das Kurzzeitgedächtnis - oftmals gleichgesetzt mit dem sogenannten Arbeitsspeicher- und das Langzeitgedächtnis sind mit William James' primärem und sekundärem Gedächtnis (1890) zu vergleichen. Demnach bleiben im Falle des primären Gedächtnisses beziehungsweise des Kurzzeitgedächtnisses wahrgenommene Informationen im Bewusstsein und bilden so etwas wie eine psychologische Gegenwart. Ein Alltagsbeispiel wäre das temporäre Merken einer Telefonnummer. Für eine kurze Zeit sind die gerade aufgenommenen Informationen wieder abrufbar. Merkmale dieses Gedächtnis-Typus sind die beschränkte Kapazität und die Tatsache, dass es bereits bei der kleinsten Ablenkung zu einem Vergessen der Information kommen kann. Weiters gibt es noch das Langzeitgedächtnis. In der Literatur wird hier prinzipiell das deklarative beziehungsweise explizite von dem prozeduralen beziehungsweise impliziten Wissen unterschieden. Diese Begriffe wurden von Graf und Schacter (1985) geprägt. Das deklarative beziehungsweise explizite Wissen ist jenes Wissen, welches Fakten und Ereignisse beinhaltet, über die wir uns auch mitteilen können (Eysenck und Keane, 2005). Auf der anderen Seite gibt es noch das prozedurale oder implizite Wissen. Hier werden automatische Handlungsabläufe, wie etwa das Radfahren gespeichert. Also Dinge, die man nach dem Erwerb automatisiert machen kann, ohne viel darüber nachdenken zu müssen.

*„Prozedurales Lernen, d.h. Der Erwerb von Fertigkeiten wie Radfahren, Schwimmen oder die Handbewegungen beim Schreiben, vollzieht sich in den motorischen Rindengebieten und im Kleinhirn. [...] Explizites Lernen und deklaratives Gedächtnis, welches den Erwerb von episodischem und semantischem Wissen beinhaltet, ist auf den Hippocampus als erste Prozessierungsstation angewiesen und wird dann in den jeweiligen sekundären sensorischen Arealen und in multimodalen Rindenfeldern abgespeichert.“*

(Nitsch, 2007, 50)

Auch in diesem Bereich gibt es viele Untersuchungen und Studien, welche mit Menschen mit geschädigten Hirnfunktionen durchgeführt wurden, um Schlüsse auf das normal funktionierende Gehirn ziehen zu können. Vieles kann auch auf das Sprachsystem umgemünzt werden. So sind die erworbenen Kompetenzen im Bereich der Wort-, Laut- und Satzstruktur implizit. Deklaratives Wissen im Bereich der Sprache wäre beispielsweise

das mentale Lexikon mit seinen Wortformen und -bedeutungen, und vor allem das Verknüpfen dieser. Es wurden auch neuropsychologische Studien mit Menschen, die unter Amnesie<sup>6</sup> (mehr zum Thema Amnesie in Eysenck und Keane, 2005, 247 – 259) leiden, durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigten, dass das deklarative und das prozedurale Wissen in unterschiedlichen Netzwerken gespeichert sein muss. Rausch und Schaner-Wolles (2008) nannten dazu ein beeindruckendes Beispiel eines Mannes, dessen Hippocampi<sup>7</sup> chirurgisch entfernt werden mussten, was seine Erinnerung an Fakten und Ereignisse maßgeblich beeinflusste. So konnte er nur mehr Wissen an Ereignisse abrufen, welche vor dem Eingriff stattfanden, nicht aber an postoperative Geschehnisse. Das Erstaunliche dabei war, dass er sich auch nach der Operation noch implizites Wissen aneignen konnte, so erlernte er auch das Lesen spiegelverkehrter Schrift. Dies spricht den Autoren zufolge, für eine Dissoziation der beiden Gedächtnissysteme. Mit diesen Erkenntnissen und weiterführenden Überlegungen können erneut Schlussfolgerungen gezogen werden, was die Repräsentation von Sprache im Gehirn angeht.

## **2.4. Der Erstspracherwerb**

Bevor sich diese Arbeit dem Phänomen der Mehrsprachigkeit widmet, ist ein gewisses Grundlagenwissen über den unauffälligen, natürlichen Spracherwerb notwendig. Wie bereits erwähnt, handelt es sich beim menschlichen Erstspracherwerb um einen intuitiven, natürlichen Prozess, der bei den meisten Kindern ähnlich vonstatten geht, zumindest was die zeitlichen Abläufe betrifft. Als Einstieg im Folgenden einige Grundmerkmale des Erstspracherwerbs: Der Spracherwerb ist, wie einige andere Dinge, auf den Menschen beschränkt. So sind Kommunikationspraktiken der Tierwelt auf einem völlig anderen Komplexitätslevel, als die des Menschen. Unser System auf sprachlicher Ebene zu interagieren, ist einzigartig. Der Erwerb dieses komplexen Systems geht dabei auch mühelos vonstatten. Ein Kind erlernt ganz nebenbei seine Erstsprache beziehungsweise Erstsprachen, ohne jegliche Form von Unterricht oder spezielle Förderung. So gestaltet sich der Spracherwerb bei fast allen Kindern ähnlich, unabhängig davon, welche Sprachen sie lernen, wo oder wie sie aufwachsen. Lediglich in der Geschwindigkeit oder der Reihenfolge der erworbenen Kompetenzen kann es zu leichten

---

6 Gedächtnisverlust

7 Teil des limbischen Systems

Variationen kommen. Weiters erfolgt der Spracherwerb, auch im Vergleich zu anderen von der Komplexität her vergleichbaren Fähigkeiten, sehr früh und äußerst rapide. Vor dem 12. Lebensjahr, wäre es für ein Kind gar nicht möglich, eine solch komplexe kognitive Fertigkeit wie die menschliche Sprache, nach Regeln zu erlernen. Hierfür würde das abstrakte und logische Verständnis fehlen. Vor allem die Syntax wird sehr früh erworben, was sehr auffällig ist, da diese am ehesten nach einem regelgeleitetem System funktioniert. (Schaner-Wolles, 2005a)

#### **2.4.1. Grundlegende Kontroversen – Behaviorismus und Nativismus, Kognitions- und Autonomiehypothese**

Es gibt die Debatte darüber, was genetische Grundausstattung des Menschen ist, und welche Rolle die Umwelt bei der Sprachentwicklung spielt. Hier stehen sich zwei gegensätzliche Theorien gegenüber: die des Behaviorismus und die des Nativismus. Im Behaviorismus meint man, menschliche Verhaltensweisen und das Erlernen solcher (auch der Spracherwerb ist hier inkludiert) gehen auf einfachste Prinzipien des Konditionierens zurück. Konditionierung benennt eine Lerntheorie, welche sich mit Reizen und darauf folgenden Reaktionen beschäftigt. Es wird davon ausgegangen, dass jede Reaktion auch durch einen anderen, dazu kombinierten Reiz hervorgerufen werden kann. Außerdem gewöhne sich das menschliche Gehirn an den dazu kombinierten Reiz, wird dieses Procedere öfters wiederholt. Diese Theorie wurde auch in Bezug auf Spracherwerb herangezogen:

*„So erfolgt das Lernen von Bedeutungen durch Zeigen (= unbedingter Reiz) und Benennen (= 2. Reiz) des entsprechenden Gegenstandes solange, bis allein durch das Ansprechen des Wortes die Referenz auf das Objekt geleitet wird.“*

(Bußmann, 2002, 363)

In der Linguistik findet dieser Ansatz keinen großen Anklang (siehe dazu auch Chomsky, 1959). Zu viele Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass Imitationen, also Nachahmungen des Kindes, keine allzu relevante Rolle zugesprochen werden kann. So erwähnt auch Schaner-Wolles (2005a) einige Beispiele für solche Divergenzen, wie etwa die Tatsache, dass beim Grammatikerwerb bei allen Kindern viele Parallelen auftreten.

Außerdem kommt es bei Kindern oft zu fehlerhaften Äußerungen, die sie in dieser Form niemals zuvor in ihrer Umgebung gehört haben können, beispielsweise *Hemder* für *Hemden*. So vermag der nativistische Ansatz aus linguistischer Sicht das Phänomen Spracherwerb weit besser zu erklären. Diese Theorie besagt, dass die Grundlage für Erstspracherwerb sowohl angeborene Fähigkeiten, als auch spezifische Erwerbsmechanismen bilden. Der Erwerb an sich kommt sozusagen durch eine Entfaltung dieser angeborenen Fähigkeiten zu Stande, welche jedoch ein bestehendes Angebot voraus setzt. Das heißt, es muss ein geeigneter, qualitativ angemessener Input vorhanden sein. Ein Kind vor englisches Bildungsfernsehen zu setzen, würde demnach nicht ausreichen (Schaner-Wolles, 2005a).

Diese Diskussion wirft auch die Frage auf, auf welche Art und Weise sich die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und solche des Spracherwerbs zueinander verhalten. So steht auf der einen Seite die Kognitionshypothese, die ihren Aufschwung größtenteils den Arbeiten von Jean Piaget zu verdanken hat (Piaget, 1974). Eine Theorie, die aus der Entwicklungspsychologie hervor ging, und den Spracherwerb als Produkt der allgemeinen kognitiven Entwicklung sieht. Dem gegenüber steht die Autonomiehypothese, zu der teilweise die Linguistik beigetragen hat, und deren Grundlagen in Chomskys Arbeiten zum Erwerb der Syntax zu finden sind. Er und seine Anhänger sehen den Spracherwerb, vor allem aber auch den Grammatikerwerb, als eine autonome kognitive Fähigkeit. Laut diesem Ansatz spielen andere kognitive Kompetenzen nur eine untergeordnete Rolle. Man spricht hier von einer „Universalgrammatik“, welche die angeborene Grundausstattung eines Kindes darstellt, um jede beliebige Erstsprache zu erlernen (Chomsky, 1959). Auch Jerry Fodors Modularitätshypothese geht in diese Richtung, dies aber aus einem psychologischen Ansatz heraus (mehr dazu siehe Kapitel 2.5.2.).

## **2.4.2. Integrative Spracherwerbstheorie**

Kuhn (2006) geht in Bezug auf diese konträren Ansätze auf eine integrative Spracherwerbstheorie ein, die beide zuvor erwähnten Theorien miteinander verbindet. Denn der Spracherwerb ist als Prozess zu sehen, der sich vom ersten kommunikativen Kontakt bis hin ins Erwachsenenalter zieht. Die direkten, interaktiven Prozesse mit den Bezugspersonen werden als Ausgangspunkt genommen, auf welche das Kind aufbaut.

Dies ist ein Prozess, der von Geburt an gegeben ist. Danach entwickelt es die eigenen Sprachanwendungen weiter und lernt immer komplexere Kommunikation anzuwenden. In den ersten Phasen kann nur über Gegenstände im Hier und Jetzt kommuniziert werden, in der darauf folgenden Phase kommt das Kind auch einem semantischen Verständnis von Gegenständen, wie auch Situationen näher. So spielt hier die Vorstellung von Gegenständen auf kognitiver Ebene eine größere Rolle, auch wenn diese in dem Moment nicht greifbar sind.

*„Das Kind abstrahiert nach und nach von der gegenständlichen in die symbolische Ebene.“*

(Kuhn, 2006, 1)

Einen weiteren großen Schritt stellt das Formulieren von Realitäten, und in weiterer Folge das in Beziehung setzen dieser dar. Die verschiedenen Spracherwerbsebenen werden von verschiedenen Prozessen beziehungsweise Voraussetzungen bestimmt. Theoretisch sind sie klar unterscheidbar, praktisch jedoch sind sie eng miteinander verbunden. Kuhn (2006) geht von verschiedenen Spracherwerbsebenen aus und unterteilt diese in die phonetisch-phonologische, die semantisch-lexikalische und die morphologisch-syntaktische Ebene. Selbst die einfachsten Sätze der Kinder beinhalten unterschiedlich strukturierte Sprachkomponenten, welche wiederum auf komplexe Art miteinander verbunden sein können. Außerdem, so der Autor, spielen neben diesen Ebenen auch die sozialen und emotionalen Fähigkeiten eine große Rolle. Diese Entwicklungen müssen gleichzeitig betrachtet werden. Ein Kind agiert und reagiert schnell auf der sozialen Ebene. So kommt es bei Neugeborenen bereits nach den ersten Wochen zu einer Reaktion auf das menschliche Gesicht, genauso wie zu einer Unterscheidung von sprachlichen und nicht sprachlichen Lauten. Hier ist der Umgang mit der Bezugsperson beziehungsweise den Bezugspersonen ausschlaggebend. Im Regelfall passt man sich als Erwachsener an das sprachliche Verhalten des Kindes an. So entsteht auch der sogenannte Baby-Talk oder Motherese. Nach Zollinger (1994) und vielen anderen Autoren hat diese kindzentrierte Sprache eine wichtige sprachliche Funktion. Man kann resümieren, dass sich hierbei der Erwachsene auf sprachlicher Ebene weitgehend dem Kind annähert. So beschränkt sich der Erwachsene bei der Interaktion mit dem Kind auf Hier-und-Jetzt-Gespräche, und verwendet syntaktisch einfache Sätze. Weiters ändert sich die Prosodie; es kommt oft zu einer übertriebenen Intonation. Auch das Sprechtempo verringert sich,

damit das Kind leichter folgen kann. Neben den Imitationen und Nachahmungen kann es, von Seiten des Erwachsenen, auch zu Repetition oder Expansion des selbst Gesagten kommen. Hier geht es vor allem auch um eine Expansion der Sprache des Kindes. Neben diesen ganzen Merkmalen wird bei vielen Äußerungen die Frageform verwendet, da das Kind so in die Interaktion miteinbezogen wird, obwohl es noch nicht situationsgemäß antworten kann (Kuhn, 2006). Auf andere Phänomene, die den kindlichen Spracherwerb betreffen, wie den Erwerb der Lautproduktion oder Wortschatzexplosion, wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da in dieser Arbeit eher die Sprachrezeption als die -produktion im Vordergrund steht. Bei näherem Interesse am Erstspracherwerb beziehungsweise an linguistischen Theorien dazu siehe unter anderem Schaner Wolles 2005a, 2005b.

Die Komplexität des Erstspracherwerbs und dessen Repräsentation im Gehirn macht bereits an dieser Stelle klar, dass bei mehreren Erstsprachen und/oder später erlernten Zweitsprachen viele weitere Fragestellungen offen bleiben.

## ***2.5. Grundlagen des menschlichen Sprachverarbeitungssystems***

Über den strukturellen Aufbau des Sprachverarbeitungssystems unseres Gehirns gibt es zahlreiche Theorien und Modelle. Ein Ansatz hat sich bisher jedoch besonders bewährt, nämlich die Untersuchung geschädigter Verarbeitungssysteme, aus deren Ergebnisse auf die Funktionen eines gesunden, nicht geschädigten Sprachsystems geschlossen werden kann.

### **2.5.1. Sprachzentren im Gehirn**

Welcher Areale genau für welche Komponenten der Sprache zuständig sind, und wo genau diese lokalisiert sein sollen, ist eine Fragestellung, die noch nicht vollständig beantwortet ist, und eventuell in naher Zukunft nicht sein wird. Jedoch wurde anhand von Untersuchungen, unter anderem mit bildgebenden Verfahren schon einiges herausgefunden. Doch auch vor diesen technischen Neuerungen und den sich daraus ergebenden Untersuchungsmöglichkeiten gab es bahnbrechende Forschungsergebnisse. Beispielsweise führte ein französischer Arzt namens Paul Broca im 19. Jahrhundert



bereits Untersuchungen an Patienten mit sprachlichen Auffälligkeiten durch. Der bekannteste Fall ging als „Tan“ in die Geschichte der Neurologie ein. Dieser Patient konnte nur noch die Silbe „tan“ artikulieren, verstand aber jegliche an ihn gerichtete Fragen. Somit hatte er ausschließlich Probleme mit der Sprachproduktion, nicht aber mit dem Sprachverstehen. Er konnte die ihm gestellten Fragen sogar beantworten, indem er die Prosodie der Silbe dementsprechend veränderte (Friederici, 2003). Broca entdeckte nach Tans Tod mittels Autopsie die Läsion im Gehirn des Patienten<sup>8</sup>. Auch heutzutage wird das Areal mit der von Broca festgestellten Läsion noch als brocasche Sprachregion bezeichnet (Overmann, 2004).

Die Broca-Region ist in beiden Hemisphären vertreten, jedoch unterschiedlich an Außenfläche und Volumen. Bei einer Läsion dieser, wie eben auch Broca damals bereits feststellte, kommt es zu einer Aphasie mit Störung der Sprachproduktion (Bösel, 2006).

*„Typischerweise sprechen Menschen mit Broca-Aphasie sehr langsam und angestrengt und äußern sehr kurze und syntaktisch simple Sätze.“*

(Rausch und Schaner-Wolles, 2008, 4)

Ein weiteres schon lange bekanntes Sprachzentrum im Gehirn ist das Wernicke-Areal. Dies wurde benannt nach dem deutschen Neurologen und Psychiater Carl Wernicke, der gut zehn Jahre nach Broca mit Patienten arbeitete, die an einer genau gegensätzlichen Symptomatik zu Brocas Patienten zu leiden schienen. Wernicke stellte fest, dass Menschen mit einer Läsion im von ihm beschriebenen „sensorischen Sprachzentrum“<sup>9</sup> große Probleme mit dem Sprachverständnis aufweisen. Dem Patienten war es möglich weitgehend flüssig zu sprechen, jedoch mangelte es am Verständnis der gehörten, sowie dann auch der selbst gesprochenen Wörter (Overmann, 2004).

*„Obwohl die Sätze , die Wernicke-AphasikerInnen äußern, oft lang und grammatisch komplex sind, können sie inhaltlich sehr leer sein. Bedeutungszusammenhänge sind oft schwer zu erkennen.“*

(Rausch und Schaner-Wolles, 2008, 4)

Es herrschte lange Zeit die Ansicht, dass eine, von der Symptomatik her, klare Trennung

---

<sup>8</sup> Im unteren Abschnitt der dritten Stirnwindung in der linken Hemisphäre (gyris frontalis inferior) (Friederici, 2003)

<sup>9</sup> Obere Windung des linken Schläfenlappens (Friederici, 2003)

der beiden Aphasien möglich ist, jedoch zeigte sich im Laufe der Zeit, dass sowohl der Schweregrad, als auch die Anzeichen der Aphasien sehr individuell sind und vor allem auch Mischformen auftreten können. So gibt es Patienten, die trotz einer Läsion im Wernicke-Areal auch zu Schwierigkeiten der Rezeption von beispielsweise grammatikalisch komplexeren Satzstrukturen neigen und auf der anderen Seite können Broca-Aphasie-Patienten auch Probleme mit dem Sprachverständnis haben.

Nun ist die heutige Forschung natürlich ausgereifter als die damalige. Es wurde auch immer klarer, dass solch ein Modell mit nur zwei Spracharealen viel zu einfach war. Heute geht man eher von einem Modell aus, welches viele Hirnareale mit einschließt und ein Zusammenspiel dieser voraussetzt (Friederici, 2003). Jedoch lässt sich anhand dieser vorangehenden Läsionsstudien eine Dominanz der linken Hemisphäre bezogen auf Syntax und Semantik feststellen. Durch verschiedenste non-invasive Methoden konnten bereits einige Untersuchungen am arbeitenden Gehirn durchgeführt werden. Je nach Messmethode werden beim Probanden im weitesten Sinne Gehirnströme aufgezeichnet und ausgewertet (Overmann 2004). Friederici (2003) hat eine Art Mini-Netzwerk-Modell beschrieben, welches beschreiben soll

*„[...] was genau vom Eintreffen eines akustischen Inputs bis zur Interpretation des Gehörten im Gehirn geschieht.“*

(Friederici, 2003, 44)

Lokal gesehen ist hier einer der Hauptpunkte, von welchen Hirnarealen Syntax, Semantik und Prosodie verarbeitet werden. Hier wurden beispielsweise mit Hilfe der Kernspintomografie<sup>10</sup> Untersuchungen im Bereich der lokalen Verarbeitung von Syntax und Semantik durchgeführt. Eines der Experimente dazu war etwa den Probanden auditiv drei Arten von Sätzen zu präsentieren, während Gehirnströme gemessen wurden. Einerseits komplett korrekte Sätze, andererseits Sätze mit syntaktischen oder semantischen Fehlern. Wollte man dann beispielsweise die Verarbeitung der Semantik genauer untersuchen, veränderte man ausschließlich die Wortbedeutung, nicht aber Satzaufbau oder Melodie. Dabei wurden weiters die neuronalen Aktivitäten gemessen, der genauere Ort der Aktivität bestimmt, und somit ein möglicher Bereich für ein Semantik-Areal eruiert. Auf Grund jener und weiterer Untersuchungsergebnisse sprach Friederici von „Mini-Netzwerken“, welche jeweils eigene beziehungsweise unterschiedliche

---

<sup>10</sup> Misst den Sauerstoffgehalt im Blut, um Aktivitäten der Nervenzellen nachvollziehen zu können

Aufgaben und Fähigkeiten besitzen. Auch Nitsch 2007 erwähnt „Mikronetzwerke“, welche jedoch laut der Autorin nicht nur Erlerntes speichern, sondern auch Erinnerungsinhalte. Weiters wurde festgestellt, dass die unterschiedlichen Satzarten hauptsächlich das Wernicke-Areal aktivieren, davon aber unterschiedliche Teile. Natürlich, wie bereits mehrmals erwähnt, beschränkt sich die menschliche Sprachverarbeitung nicht nur auf das Wernicke-Areal oder ein einzelnes anderes, sondern bezieht auch einige andere Bereiche mit ein. Es konnte bereits Folgendes beobachtet werden:

*„Jeweils ein Areal im Schläfen- wie im Stirnlappen verarbeiten immer gemeinsam Semantik beziehungsweise Syntax und bilden auf diese Weise eine Art Mini-Netzwerk.“*  
(Friederici, 2003, 45)

Dabei gilt zusätzlich, je komplexer die Sätze, desto aktiver der Stirnlappen. Ein weiteres spannendes Ergebnis bei den Versuchen betraf die Prosodie. Denn hier geht die Verarbeitung hauptsächlich in der rechten Gehirnhälfte vonstatten. Wieder ein Indiz dafür, dass auch bei der Sprachrezeption beide Gehirnhälften eine Rolle spielen und optimal zusammenspielen müssen (Friederici, 2003). Weiterführende Literatur zur kognitiven Untersuchung von Prosodie- und Musikverstehen siehe unter anderem Bryan, 1989 oder Hyde et al., 2006.

Näheres zu einer der wirksamsten Methoden in Bezug auf die zeitliche Komponente, dem EEG, ab Kapitel 4.

## **2.5.2. Modularität, Dissoziation und doppelte Dissoziation**

Durch Untersuchungen von geschädigten Hirnarealen hat man viele brauchbare Rückschlüsse auf unauffällige Gehirnfunktionen und deren Zusammenhänge formulieren können. So können bei einer Schädigung des Gehirns verschiedene Areale beziehungsweise Funktionen betroffen sein, dies natürlich sowohl auf sprachlicher als auch auf nicht-sprachlicher Ebene. Trotzdem äußern sich diese Schädigungen durch verschiedene Krankheitsbilder und Symptome. Ein Beispiel dafür sind die teilweise bereits erwähnten unterschiedlichen Formen der Aphasie, die sich zum Teil stark in ihren Auswirkungen unterscheiden. Untersuchungen dieser Art zeigten auch, dass Sprache im Falle einer Aphasie Stück für Stück verloren gehen kann, was für eine Modularität des

Sprachsystems spricht. Mit Modularität ist hier eine Art „Baukastenprinzip“ gemeint, welches nichts anderes bedeutet, als dass, bezogen auf das menschliche Sprachverarbeitungssystem, die einzelnen Funktionen der Sprache in unterschiedlichen Komponenten stattfinden und repräsentiert werden. Es kümmert sich laut der Modularitätshypothese eine Komponente nur um eine bestimmte Information, und lässt alle weiteren Reize außer Acht. Somit können auch nur Teile der Sprache, je nach Lokalisation der Schädigungen, funktionsuntüchtig sein, während andere Teile fehlerfrei funktionieren. Der Begründer dieser – damals bahnbrechenden – Hypothese, Jerry Fodor, unterschied auch zwischen sogenannten Input-Systemen und Zentralsystemen. Nur die Input-Systeme sind nach seiner Theorie modular, sprich vollständig unabhängig (Fodor, 1983). Hier wird von einer „Dissoziation“ zwischen erhaltenen und geschädigten Funktionen gesprochen, die als Basis für die Beurteilung gelten soll, ob Sprache modular verarbeitet wird oder nicht, beziehungsweise welche Teile des Sprachverarbeitungssystems enger zusammen arbeiten und welche nicht. Trotzdem kann dies, auch nach Rausch und Schaner-Wolles (2008), nicht als handfester Beweis für Modularität angesehen werden. Denn theoretisch könnten gewisse Komponenten auch zusammen hängen, aber sich in ihrer Komplexität so unterscheiden, dass die schwierigere Komponente nicht mehr verarbeitet werden kann, die leichtere jedoch schon. Das Funktionieren einer Komponente, und das gleichzeitige Versagen einer anderen, muss also nicht definitiv für Modularität dieser Bereiche sprechen. Deshalb bediente man sich in der Wissenschaft eines genaueren Prinzips, welches die „doppelte Dissoziation“ genannt wird. Dies ist quasi eine spiegelbildliche Störung, welche beispielsweise den selben Aphasikertypus darstellt, jedoch mit genau gegensätzlichen Symptomen.

*“With double dissociations we need two patients: patient A who is impaired on task X but normal on task Y, and patient B who is normal on task X but is impaired on task Y”*  
(Coltheart, 2001, 12)

### **3. Bilingualität**

Weltweit gibt es etwa 5000 Sprachen. Tagtäglich treten Sprecher verschiedener Sprachen miteinander in Kontakt. Jahrelang hat sich die linguistische Forschung damit beschäftigt, wie menschliche Sprache funktioniert, jedoch meist beschränkt auf monolinguale

Sprecher. Doch immer mehr geht auch die Forschung in Richtung bilingualen, zum Teil auch multilingualen Spracherwerb (Cenoz et al., 2003). Denn multilinguale Erziehung greift auch in unserer Gesellschaft immer mehr um sich. Es wird beliebter, seine Kinder in mehreren Sprachen zu erziehen, oftmals aus zukunftsorientierten Gründen beziehungsweise aus Gründen der Globalisierung. Doch muss hier erwähnt werden, dass Multilingualität international gesehen mehr die Regel als die Ausnahme bildet. In den meisten Teilen unserer Erde werden Kinder multilingual erzogen, denn dies ist meist die logische Konsequenz aus dem Zusammenleben verschiedener ethnischer Gruppen und der daraus resultierenden außerordentlichen Sprachenvielfalt in einigen Gebieten. Es entwickelte sich als ein „westliches“ Phänomen, monolingual aufzuwachsen, jedoch geht der Trend auch in der „westlichen Welt“ immer mehr Richtung Mehrsprachigkeit. Hier muss jedoch – wissenschaftlich gesehen – eine klare Abgrenzung der verschiedenen Begriffe und Definitionen vorgenommen werden.

### ***3.1. Definitionen des Begriffs Bilingualität***

Die Definition des Begriffs Bilingualität ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie etwa vom Spracherwerbsalter, der Sprachkompetenz oder aber auch der Organisation der beiden Sprachen anhand von zwei unterschiedlichen linguistischen Codes.

Vorausgeschickt kann an dieser Stelle werden, dass wenn ein Individuum mehr als eine Sprache beherrscht und auch verwendet, es bereits als bilingual bzw. zweisprachig zu bezeichnen ist. Wie gut die Sprachen dabei beherrscht werden, kann sehr unterschiedlich sein. Außerdem wird oftmals ein Unterschied zwischen „natürlicher“ und „gelernter Bilingualität“ gemacht. So kann letzteres im Fremdsprachenunterricht erlernt werden, ersteres nicht. Eine natürliche Bilingualität kann wiederum in „frühe“ und „späte“ Bilingualität unterteilt werden und tritt oftmals dort auf, wo innerhalb einer politischen Einheit sprachliche Minderheiten leben (ein Beispiel aus Österreich wären die Kärntner Slowenen, die meist mit sowohl Slowenisch als auch Deutsch als Muttersprache aufwachsen) . Hier spielt das Erwerbsalter die Hauptrolle. Frühe Bilingualität kann weiters unterschieden werden in „simultane“ oder „sequenzielle“ Bilingualität. Wie die Begriffe bereits verraten, handelt es sich bei ersterem um einen zeitgleichen Erwerb beider Sprachen, bei zweiterem um einen aufeinanderfolgenden, beide Varianten sind in frühester Kindheit anzusiedeln. Einen anderen Ansatz mit Fokus auf die Sprachkompetenz

formten beispielsweise Peal und Lambert (1962). Sie unterschieden zwischen „ausgewogenen“ (engl.: „balanced/ambilinguals“) und „dominanten“ (engl.: „dominant“) Bilingualen. Auch hier wird bereits aus den Bezeichnungen klar, was gemeint ist. Einerseits eine ausgeglichene Sprachkompetenz in beiden erworbenen Sprachen, andererseits eine Dominanz einer Sprache gegenüber der anderen. Mit dem Ansatz der zwei unterschiedlichen linguistischen Codes arbeitete beispielsweise Weinrich (1952) (Bhatia und Ritchie, 2004). Mit linguistischen Codes ist hier die unterschiedliche Organisation von den verschiedenen Merkmalen einer Sprache gemeint. Er unterschied die verschiedenen Dimensionen, wie bei einzelnen Individuen linguistische Codes organisiert sind. So spricht der Autor einerseits von „gemischten“ (engl.: compound) im Gegensatz zu „koordinierten“ (engl.: coordinate) Bilingualen. Die erste Gruppe erwirbt beide Sprachen gleichzeitig, und außerdem vor dem 6. Lebensjahr. Die linguistischen Codes werden somit, laut Weinrich (1952), in einem sprachlichen Netzwerk gespeichert und sind dort abrufbereit (mehr zur Organisation der Sprache in Netzwerken siehe Kapitel 2.5.1). Koordinierte Bilinguale wiederum lernen die zweite Sprache zwar vor der Pubertät, jedoch werden die beiden linguistischen Codes in zwei separaten Netzwerken gespeichert, so die Theorie (Fabbro, 1999). Wie zu erkennen ist, spielt in den verschiedenen Ansätzen, das Erwerbsalter immer eine gewisse Rolle, kann somit schwer komplett ausgeklammert werden. Ein weiterer wichtiger Begriff, was die späte Bilingualität betrifft, ist der des bilingualen Unterrichts. Bilingualer Unterricht setzt voraus, dass eine Unterrichtsorganisation beim Unterricht mehr als eine Sprache verwendet. Die zweite Sprache wird also nicht nur erlernt, sondern wird auch als Medium genutzt und auf diese Art und Weise spielerisch erlernt. Die bilinguale Methode ist wiederum von bilinguaalem Unterricht zu trennen. Denn es handelt sich hierbei um eine spezifische Fremdsprachenunterrichtsmethode. Innerhalb des bilingualen Unterrichts gibt es sowohl sehr radikale Modelle<sup>11</sup>, als auch abgeschwächte Formen. Auf bilingualen Unterricht, genauso wie auf frühes Fremdsprachenlernen allgemein kann in dieser Arbeit nicht genauer eingegangen werden, bei Interesse siehe beispielsweise de Cillia 1994. Multilingualität bzw. Mehrsprachigkeit bezeichnet wiederum das Beherrschen mindestens dreier Sprachen, wobei in der Literatur oftmals der Begriff „multilingual“ für „bilingual“ verwendet wird. Nitsch (2007) wiederum definierte aus Anlass eines Forschungsprojektes, für welches eine Gruppierung der Spracherwerbstypen der Probanden notwendig war, folgende Einteilung:

---

11 Beispielsweise „early total immersion“ (siehe de Cillia, 1994)

- simultane Bilinguale – in einer bilingualen Umgebung aufgewachsen
- verdeckt simultane Bilinguale – in einer monolingualen Familie, jedoch in einer anderssprachigen, sozialen Umgebung aufgewachsen
- sukzessive Mehrsprachige – L2-Erwerb bis spätestens einem Alter von 5 Jahren
- späte Mehrsprachige – Fremdspracherwerb jenseits eines Alters von 9 Jahren (Schulunterricht)

Was die soziale Entwicklung der multilingualen Erziehung generell betrifft, herrschen oftmals Ängste vor Überlastung der Kinder durch Multilingualität vor, oder auch die ungeklärte Frage, welche Spracherwerbsmethode die idealste ist. Die Tatsache, dass der Spracherwerb ein individueller Prozess ist, und kaum nach generalisierbaren Regeln stattfindet, erschweren diesen Umstand, jedoch kann nach Nitsch 2007 vorausgeschickt werden, dass

*„[...] das Gehirn und seine Fähigkeiten nicht umkehrbar sind, aber lebenslang durch Lernen modifizierbar.“*

(Nitsch, 2007, 47)

### **3.2. Erwerb von Bilingualität**

Der Bilingualität und dessen Erwerb sollen hier noch Meisels (2003) drei Erwerbstypen vorausgeschickt werden. Er nahm diese Dreiteilung anhand des Erwerbsalters vor. Bei dem ersten Typ spricht der Autor von einem simultanen Erwerb mehrerer Erstsprachen (also mehrerer L1) in den ersten 5 Lebensjahren. Wobei hier auch erwähnt wird, dass in Bezug auf die Altersgrenzen durchaus noch Uneinigkeit in der Literatur herrscht. Der Erwerb von sprachlichen Kompetenzen muss in einer sensiblen Periode stattfinden, jedoch ist dies aber vielleicht keine hinreichende Bedingung für einen Erwerb mit muttersprachlichen Kompetenzen (näheres zu sensiblen Perioden siehe Kapitel 2.2.3.). Der zweite Erwerbstyp beschreibt einen kindlichen Zweitspracherwerb (L2), welcher stattfindet, wenn eine Sprache zwischen dem 5. und dem 10. Lebensjahr erlernt wird.

Auch hier gibt es Uneinigkeit über die genaue Altersgrenze, so sind einige Autoren der Meinung, dass hier eher auf eine Zeitspanne von 4 bis 8 Jahren einzuschränken ist. Die Kompetenzen bei einer in diesem Alter erworbenen Sprache sind nicht zu vergleichen mit dem ersten Typus, sondern gleichen eher einem erwachsenen Zweitspracherwerb, der auch Typus drei darstellt. Hier spielt sich der Erwerb ab einem Alter von 10 Jahren ab, und ist mit einigen Defiziten in der Kompetenz der Sprache verbunden.

*„Ob L2 Lerner überhaupt eine muttersprachliche Kompetenz in der L2 erreichen können, ist umstritten.“*

(Meisel, 2003, 7)

Hier bleibt anzumerken, dass nicht alle Autoren Anhänger der Einteilung nach Altersgrenzen sind. Jedoch wird, wenn von diesen Altersgrenzen ausgegangen wird, laut Nitsch 2007 in der Literatur das 3. Lebensjahr als häufigste Altersgrenze für einen „muttersprachlichen“ Erstspracherwerb genannt. Anderer Ansicht sind beispielsweise Baker und Prys Jones (1998). Wovon aber anhand linguistischer Forschungsergebnisse ausgegangen werden kann, ist, dass die einzelnen sprachlichen Komponenten in einer gewissen zeitlichen Abfolge erworben werden (Nitsch, 2007). So wird etwa die Phonologie vor der Semantik erworben und das Lexikon kann altersunabhängig immer erweitert werden. So zeigte aber eine erste Longitudinalstudie mit dem Kernthema der Sprachproduktion von Kindern in einem Alter zwischen 5 und 11 Jahren eine nur schrittweise Annäherung in Richtung linke Hemisphäre und der klassischen Sprachregionen (mehr zu den Sprachzentren im Gehirn siehe Kapitel 2.5.1.) Dies lässt wiederum die Annahme zu, von einer hohen Plastizität auszugehen. Dies macht jedoch die vorher erwähnte, altersbedingte Abgrenzung schwer haltbar (Nitsch, 2007). In dieser Arbeit soll dennoch, der Einfachheit halber, weiterhin von Meisels drei Erwerbstypen ausgegangen werden, die sich aus den festgesetzten Altersgrenzen ergeben.

Viele Menschen haben nach wie vor eine eher kritische Einstellung gegenüber bilinguaem oder multilinguaem Spracherwerb, denn es herrscht oftmals noch die Angst, Kinder wären dadurch überfordert und es könnten Defizite entstehen, die später eine Hürde darstellen könnten. Dies ist jedoch, wie sich heutzutage die meisten Autoren einig sind, überhaupt nicht der Fall, ganz im Gegenteil. Global betrachtet ist Monolingualität wie erwähnt eher der Ausnahmefall. Trotzdem gibt es einige Fragestellungen beziehungsweise Einwände,



wie etwa die Anforderung an bilinguale Kinder, bereits sehr früh Syntax und Lexika der einzelnen Sprachen zu differenzieren. Mit dem Ziel eine Fusion der Systeme zu vermeiden um eine vergleichbare Kompetenz in beiden Sprachen zu erwerben. Diesbezüglich sprechen aber Beobachtungen und Ergebnisse vieler Studien und Untersuchungen dafür, dass auch dies für ein Kind kein Problem darstellt und genauso mühelos und nebenbei, wie der Spracherwerb an sich, vonstatten geht (Meisel, 2003). Jedoch kann es Kindern auch unterschiedlich schwer fallen, die einzelnen, zu erlernenden Sprachsysteme zu differenzieren, was jedoch auch stark von den Sprachkombinationen abhängt. So herrscht bei ähnlichen Sprachsystemen mehr Verwechslungsgefahr, als bei völlig unterschiedlichen (Tracy, 2005). Auffällig ist, dass es im frühen Kindesalter bei bilingualen Kindern selten bis gar nicht zu interlingualen Synonymen kommt, aber auch hier findet sich eine nachvollziehbare Erklärung: Dies ist nicht als Zeichen anzusehen, dass keine Trennung der Sprachsysteme stattfand oder gar Defizite der Lexika entstanden, sondern dies erklärt sich eher durch den meist situationsgebundenen Gebrauch der verschiedenen Sprachen. So haben die meisten Kinder gewisse Situationen, die sie mit der einen oder anderen Sprache verbinden und diese dann auch danach benutzen. Es wurde weiters festgestellt, so Meisel (2003), dass

*„[...] bilinguale Kinder schon in der Einwortphase (im zweiten Lebensjahr) über zwei Lexika verfügen.“*

(Meisel, 2006, 3)

In dieser Phase findet neben der Trennung der Lexika auch kontinuierlich die phonologische, genau so wie die morphologische Trennung statt. Dies alles gelingt im Normalfall mühelos. Bei Betrachtung der Syntax ist die Sprachentrennung aber am deutlichsten zu erkennen. Schon zu Beginn der Mehrwortphase werden die richtigen Wortstellungsmuster verwendet. Meisel (2007) spricht von einer frühen Differenzierung grammatischer Wissenssysteme, welche – laut dem Autor – durchaus als entscheidendes Kriterium sprachlicher Entwicklung angesehen werden kann. Dies lässt sich bereits bei Kindern in einem Alter von 2 Jahren eindeutig belegen. Es kommt bereits im Alter von 1;10 zu einer funktionalen Unterscheidung der zu erwerbenden Sprachen. Dies zeigt sich besonders deutlich in der Tatsache, dass bilingual aufwachsende Kinder ihre Sprachwahl sehr wohl personenabhängig treffen (Meisel, 2007). Außerdem wurden Beobachtungen bezüglich der Unterscheidung von Performanz und Kompetenz gemacht, denn auch diese

ist natürlich von großer Bedeutung. Nur durch die Beherrschung und Unterscheidung dieser in beiden Sprachen ist so etwas wie Code-Switching überhaupt möglich, was durchaus ein häufiges Phänomen bei bilingualen Sprechern ist, und keineswegs chaotisch oder willkürlich abläuft. Vielmehr unterliegt Code-Switching gewissen Regeln und grammatischen Beschränkungen, und obwohl es für Laien Zeichen von gewissen sprachlichen Defiziten zu sein scheint, ist es als Beleg für eine funktionierende Mehrsprachigkeit anzusehen.

Eine andere wichtige, oft diskutierte Fragestellung ist jene der weiteren Entwicklung der erworbenen Sprachen und die bevorstehenden einzelnen Erwerbsstationen. Laut Meisel (2003) ist ein gegenseitiger Einfluss der Sprachen nicht auszuschließen, was wiederum gewisse Unterschiede zu monolingualen Sprechern impliziert. Deshalb liefert diese Fragestellung nach wie vor Diskussionsstoff innerhalb der Forschung. Laut Meisel (2003) ist die gegenseitige Beeinflussung jedoch ausschließlich auf quantitative (etwa Umfang des Korpus) Bereiche zu reduzieren. Und

*„In keinem Fall wird dadurch die Annahme in Frage gestellt, dass der simultane Erwerb von Mehrsprachigkeit in jeder der erworbenen Sprachen die Entwicklung einer Kompetenz ermöglicht, die der von monolingualen Kindern entspricht.“*

(Meisel, 2003, 5)

Doch ist noch einmal in Bezug auf das Lexikon zu erwähnen, dass hierbei bilinguale Kinder meist weniger Wortschatz in beiden Sprachen aufweisen, als monolinguale Kinder in ihrer Erstsprache. Auch hier ist die vorher erwähnte situationsgebundene Sprachentrennung der Grund dafür, doch sind diese Art von Defiziten ebenfalls bei quantitativen Unterschieden einzuordnen. Außerdem ist, wie bereits zuvor angemerkt, der Lexikonerwerb, anders als beispielsweise der Erwerb der Syntax, nicht auf das Kindesalter beschränkt und kann im Erwachsenenalter durchaus ausgeglichen werden. Weitere Diskussionspunkte beziehen sich auf die Erwerbsgeschwindigkeit und die immer wieder festgestellte Verzögerung von gewissen sprachlichen Fähigkeiten bei mehrsprachigen Kindern. Hierzu kann erläutert werden, dass diese zeitlichen Variablen genau so bei monolingual aufwachsenden Kindern beobachtet werden können, und es somit schwierig ist, einen Vergleichswert zu bestimmen. Dieses Argument gegen mehrsprachige Erziehung ist also nicht haltbar. Eine sehr ernst zu nehmende Bedingung der

Mehrsprachigkeit ist die Einschränkung auf gewisse zeitliche Perioden, die einen Erwerb bestimmter Fähigkeiten zulassen (siehe dazu auch Kapitel 2.2.3.). Im Fall der Mehrsprachigkeit ist es also nicht ausreichend, sich auf die Bildungseinrichtungen, die in fortgeschrittenem Alter besucht werden, zu verlassen, denn hier kann nur mehr von einem Erwerb einer Fremdsprache gesprochen werden. Meist wird in so einem Fall die Kompetenz der Erstsprache nie erreicht. Nach Meisel (2007) lässt sich laut diversen Untersuchungsergebnissen folgendes zusammenfassen:

*„1) Bilingual aufwachsende Kinder sind in der Lage, das internalisierte Wissen von ihren Sprachen von früh an zu trennen. 2) Sie durchlaufen dieselben grammatischen Erwerbssequenzen wie monolinguale Kinder, die die gleiche Sprache erwerben. 3) Sie erreichen eine grammatische Kompetenz, die sich qualitativ nicht von der vergleichbarer Monolingualer unterscheidet.“*

(Meisel, 2007, 97)

Eine gewisse Unausgeglichenheit der beiden Erstsprachen ist jedoch auch oftmals der Fall. Dies hat unter anderem soziolinguistische Gründe, auf die hier aber nicht näher eingegangen wird.

### **3.3. The Bilingual's Language Modes (F. Grosjean)**

Als sehr interessanten Ansatz empfand ich das Modell von Grosjean (2001), welches sich nicht nur auf Sprachrezeption oder -produktion alleine bezieht, sondern vor allem auf die Auswahl der erworbenen Sprachen von Bilingualen nach Adressat und Situation.

*„Bilinguals who have reflected on their bilingualism will often report that they change their way of speaking when they are with monolinguals and when they are with bilinguals.“*

(Grosjean, 2001, 1)

Mit seinem Modell versuchte Grosjean aufzuzeigen, wie Bilinguale ihre Sprachen zusammen oder getrennt verarbeiten und auch mit ihnen arbeiten. Es ist ein Modell, was nicht nur den bilingualen Sprecher betrifft, sondern auch den bilingualen Adressaten einer Konversation.

*„In addition, bilinguals will also report that, as listeners, they are sometimes taken by surprise when they are spoken to in a language that they did not expect.“*

(Grosjean, 2001, 1)

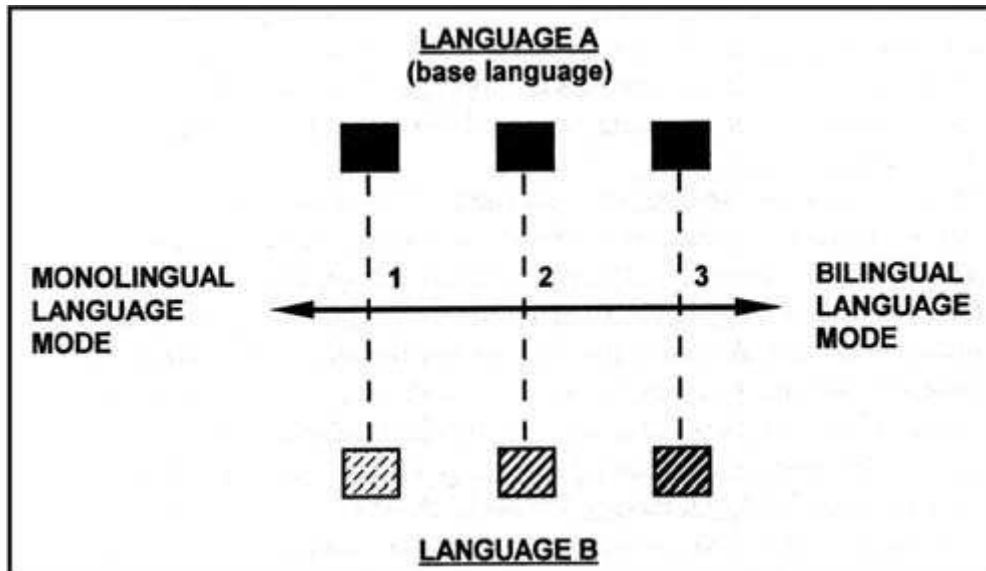


Abb.2.: Bilingual Language Mode (aus Grosjean, 2001, 3)

Unter „Language A“ ist hier die Erstsprache und unter „Language B“ die zweite Erstsprache zu verstehen. Die Vierecke mit den ausgemalten oder auch gemusterten Inhalten repräsentieren den Grad der sprachlichen Aktivität. Die schwarzen, ausgemalten Vierecke sollen eine hohe Aktivität darstellen, ein weißes, leeres Viereck wäre demnach ein Zeichen für gar keine Aktivität. Die gemusterten Vierecke auf der Skizze sind von verschiedenen Graden gekennzeichnet. Die erste Position zeigt also eine hohe Aktivität der einen Erstsprache und nahezu keine Aktivität der zweiten Sprache, somit ist hier von einem monolingualen Modus (engl.: „monolingual mode“) die Rede. Dies wäre der Fall, wenn eine bilingual Person eine Konversation mit einer monolingualen führt, wo die zweite Sprache deaktiviert werden kann, da man für diese Konversation nur die eine Sprache benötigt, die auch vom monolingualen Hörer verstanden wird. Die zweite Position ist eine Art Zwischenmodus (engl.: „intermediate modus“), in welchem die zweite Erstsprache beziehungsweise „Language B“ ein wenig mehr aktiviert ist. Dies wäre, laut Grosjean, jener Modus, den die bilingual Person in einer Konversation mit einer ebenso bilingualen Person verwendet, diese jedoch, aus welche Gründen auch immer, die zweite

Erstsprache nicht aktiv verwendet<sup>12</sup>. In der dritten aus der Skizze zu entnehmenden Position kommt es zwar zu einer hohen Aktivität der zweiten Sprache, aber trotzdem zu einem der Hauptsprache („Language A“) untergeordnetem Aktivierungsgrad (Grosjean, 2001).

*„Note that in all three positions, the base language (Language A) is fully active as it is the language that governs language processing.“*

(Grosjean, 2001, 4)

Viele Faktoren können die Wahl des Sprachmodus bestimmen ein beeinflussen, einige davon wären:

- der bilinguale Sprecher selbst (beeinflusst von seinen Sprachgewohnheiten oder seinen Sprachkenntnissen etc.)
- die Situation, in welcher die Konversation stattfindet (Formalitätsgrad, Anwesenheit von Monolingualen etc.)
- der Inhalt und die Form der zu vermittelnden Information (Thema, Notwendigkeit bestimmten Vokabulars)
- die Funktion der Konversation (Weitergabe von reiner Sachinformation oder eine Bitte an jemanden oder ähnliches)

Zu diesem Modell sei erwähnt, dass generell große Unterschiede der eigenen Sprachverwendung zwischen Individuen herrschen, und es zu jeder Zeit in jeder Konversation zu einem Wechsel der Modi kommen kann, wenn es die Situation verlangt. Außerdem stellen die möglichen Extrempositionen mit einer voll aktivierten „Language A“ und einer nicht aktivierten „Language B“, genauso wie einer vollen Aktivierung beider Sprachen eine eher unwahrscheinliche Variante des Modells dar (Rossi, 2005). Diese Theorie verlangt unter anderem deswegen nach einer kritischen Betrachtungsweise. Dennoch empfinde ich Grosjeans Ansatz, vor allem in Bezug auf Code-Switching, eine interessante Möglichkeit, die Verhaltensweisen von Bilingualen, unabhängig eines Vergleichs mit monolingualen Sprechern, näher zu erörtern. Mehr zum Thema Code-

---

<sup>12</sup> Kann aus diversen Gründen der Fall sein, wie etwa eine untergeordnete Kompetenz in dieser Sprache

Switching siehe Kapitel 3.2.

### **3.4. Kognitive Beobachtungen des bilingualen und multilingualen Gehirns**

Aufgrund neuerer, modernster Technologien ist es mittlerweile möglich das Gehirn fast zeitgleich bei der Bearbeitung von Reizen zu beobachten, beispielsweise mit der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT). Viele Untersuchungen mit den verschiedensten Methoden (mehr zu den diversen Messmethoden siehe Kapitel 4.1.) bringen zum Teil sehr brauchbare Ergebnisse um die Prozesse im Gehirn näher verstehen zu können. Beispielsweise wurde mit Hilfe der strukturellen MRT (siehe Tabelle 1, S.43: sMRT-strukturelle Magnetresonanztomografie) der Grauwert kleinster Teilbereiche des Gehirns gemittelt.

*„Der Grauwert wird als Korrelat der Synapsendichte angesehen.“*  
(Nitsch, 2007, 51)

Dieser Wert sagt somit etwas über die Strukturänderungen des Cortex aus, und nimmt je nach Aufgabenstellung in den dafür vorgesehenen Hirnarealen zu. Bei komplexen visuellen Aufgaben beispielsweise erhöht sich der Wert innerhalb der sekundären Sehrinde. In Bezug auf Mehrsprachigkeit kam man zu dem Ergebnis, dass der Grauwert bereits bei früher Zweisprachigkeit und/oder hoher Sprachkompetenz an sich, in multimodalen Rindenarealen des Scheitellappens steigt (Nitsch, 2007). Die Autorin gibt hier allerdings zu bedenken, dass dies auch reversibel sein kann, also durchaus wieder abnehmen kann. Außerdem hängt diese Wertsteigerung nicht unbedingt mit einer erhöhten neuronalen Aktivität zusammen. Oftmals ist bei einer Aphasie nur eine der erworbenen Sprachen betroffen oder eine der Sprachen mehr als die andere, was wiederum ein Zeichen für die Repräsentation der Sprachen in verschiedenen Arealen beziehungsweise Netzwerken wäre. Trotzdem gibt es laut den meisten Ergebnissen modernerer Verfahren und Messtechniken der funktionellen Bildgebung wenige Indizien, die eine solche Annahme unterstützen oder gar bestätigen. Auch die Auswahl der Sprachen spielt keine Rolle, denn es werden bei der Sprachproduktion jeglicher Erstsprachen die selben Areale aktiviert. Dies trifft auch auf Mehrsprachige zu. Unterschiede wurden nur bei Sprechern festgestellt, welche erhebliche

Kompetenzunterschiede der verschiedenen Sprachen aufwiesen beziehungsweise bei denen erhebliche Unterschiede im Erwerbsalter vorhanden waren. Weiters wurden Auswirkungen auf die Wahl der Arealaktivierung im Gehirn festgestellt, wenn es sich um unterschiedliche Verschriftlichungen der Sprachen bei Leseaufgaben handelte. So werden bei unterschiedlicher Orthografie andere Lesestrategien angewandt und somit andere Areale aktiviert. Am deutlichsten zeigte sich dieser Unterschied bei Leseaufgaben mit logografischen und alphabetischen Aufgabenstellungen<sup>13</sup>. Außerdem wurde anhand von Untersuchungsergebnissen formuliert, dass bei guter Sprachkompetenz in der L2 ähnliche Hirnareale wie bei der L1 aktiviert werden, wohingegen bei einer weniger guten Kompetenz zusätzliche Areale beansprucht werden müssen. Auch das Erwerbsalter spielt natürlich, wie bereits oftmals erwähnt, eine erhebliche Rolle (Nitsch, 2007).

*„Frühe Zweisprachige, die schon vor dem 4. Lebensjahr mit der zweiten Sprache konfrontiert waren, aktivieren bei freier Sprachproduktion identische Subareale innerhalb des Broca-Zentrums, während Personen, die erst nach dem 10. Lebensjahr die L2 erworben haben, getrennte Subareale aktivieren.“*

(Nitsch, 2007, 55)

Eine weitere Fragestellung ist, wie das Gehirn den Erwerb von Muttersprache im Unterschied zu später erlernten Fremdsprachen funktional verarbeitet und wie sich früher oder später Bilingualismus generell auf das Lernen von Sprachen auswirkt.

Es wurden bereits 1997 von Kim an der amerikanischen Cornell University in Ithaca per MRT Untersuchungen vorgenommen, bei denen die aktiven Broca-Zentren während der Sprachproduktion früher und später bilingualer Sprecher miteinander verglichen wurden. Dabei wurde ein entscheidender neuronaler Unterschied entdeckt: Während die frühen Bilingualen im Broca-Zentrum nur ein Netzwerk aktivierten, konnte bei den „Spätlernern“ nachgewiesen werden, dass sie pro Sprache jeweils ein gesondertes Netz ausgebildet hatten. Es bildet sich das erste neuronale Sprachnetz im Broca-Areal offenbar in den ersten Jahren der Kindheit. Wächst ein Kind mehrsprachig auf, werden alle erworbenen Sprachen in demselben Sprachennetz abgespeichert. Dieses ursprünglich erworbene Sprachverarbeitungssystem kann in späteren Jahren aber kaum mehr verändert werden, so dass unser Gehirn beim späteren Erwerb einer weiteren Sprache gezwungen ist, ein neues neuronales Netzwerk anzulegen (neben dem bereits bestehenden Netzwerk) (Kim,

---

<sup>13</sup> Beispielsweise japanisch und englisch

1997). Genau das wird mit zunehmenden Alter immer schwieriger, daher ist es zu empfehlen, Mehrsprachigkeit bzw. ein sehr frühes Fremdsprachenlernen zu fördern. Forschungsergebnisse eines neurolinguistischen Projektes („Multilingualbrain“, Bloch, Franceschini, Kaisr, Künzli, Lüdi, Radü, Wattendorf, Westermann, Zappatore, Zurfluh – siehe Nitsch, 2007) konnten diese Annahmen weitgehend verifizieren, und kamen zu dem Ergebnis, dass separat ausgebildete sprachliche Netzwerke, welche nach Entstehung des quasi L1-Netzwerkes gebildet werden, nicht mehr so mühelos und nebenbei angelegt werden können. Overmann (2004) erwähnt auch das überraschende Forschungsergebnis, dass offenbar bei bilingual aufwachsenden Menschen beim späteren Erlernen einer Sprache, also in diesem Fall einer dritten Sprache, kein zusätzliches Netzwerk ausgebildet wird. Vielmehr wird die neu erlernte Sprache in das bereits bestehende, bilinguale Netzwerk integriert (Overmann, 2004).

*„Ein originärer Bilingualismus konstituiert somit ein Netzwerk im Broca-Areal, das für das Erlernen weiterer Sprachen funktional ausgerichtet ist.“*  
(Overmann, 2004, 4)

Um einen vergleichbaren Ergebniswert zu erhalten, orientierte sich die Forschungsgruppe an der Vorgehensweise der vorangegangenen Kim-Studie (1997), und ließ Probanden frei erzählen, was sie am Vortag gemacht hatten. Die Ergebnisse konnten somit erweitert werden, man ging von einer Überlappung der Subareale im Broca-Zentrum aus und zwar sowohl für die beiden Erstsprachen, als auch für die L3. Späte Bilinguale hingegen bilden laut Forschungsergebnissen eigene Subareale, um die neu erlernten Sprachen zu erwerben und zu speichern. Außerdem zeigen frühe Bilinguale einen größeren Anteil aktivierter Areale des Broca-Zentrums als Monolinguale (Nitsch, 2007).

*„Frühe Zweisprachigkeit geht also einher mit einer ausgedehnten Aktivierung im Broca-Zentrum, in welche die späte dritte Sprache integriert werden kann.“*  
(Nitsch, 2007, 57)

Weiters scheint die bilinguale Sprachverarbeitung präfrontale Cortexareale miteinzubeziehen, wohingegen aber späte Mehrsprachige eher hintere sensorische Cortexareale aktivieren. Alle diese Ergebnisse weisen zusammengefasst darauf hin, dass andere, sprachliche Verarbeitungsstrategien zum Tragen kommen, je nachdem ob der



Erstspracherwerb mono- oder bilingual erfolgt. Trotzdem gilt es hier zu erwähnen, dass es oftmals zu Lernpräferenz- beziehungsweise Lernstrategieänderungen im Verlauf des Lebens kommen kann (Nitsch, 2007).

## **4. Das EEG**

Die Elektroenzephalographie (abgekürzt: EEG – im Allgemeinen und im Speziellen in dieser Arbeit auch für den grafischen Output, das Elektroenzephalogramm verwendet) wurde Mitte der 1920er Jahre von Hans Berger in Jena erfunden, und entwickelte sich schnell zur Standardmethode der Neurologie und auch Psychiatrie (Walter, 2009).

*„Neuroimaging ist die bildliche Darstellung der Struktur (strukturelles Neuroimaging), der molekularen Ausstattung (molekulares Neuroimaging) oder der Funktion (funktionelles Neuroimaging) des Gehirns.“*

(Walter, 2009, 68)

Auch heutzutage wird EEG noch häufig eingesetzt, vor allem in der Forschung und im diagnostischen Bereich<sup>14</sup> (Friederici, 2003). Das EEG-Gerät registriert indirekt die elektrische Aktivität von Nervenzellen und misst die Massenaktivität einer großen Menge von Neuronen mit dem Ziel der Erstellung einer funktionellen Hirnkartierung. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf den sogenannten Pyramidenzellen (genauer dazu siehe Kapitel 4.2.). Das EEG ist aber kein bildgebendes Verfahren im engeren Sinn, weil von der Schädeloberfläche (dem „Skalp“) aus gemessen wird und dadurch die Lokalität des Prozesses nicht eindeutig festgestellt werden kann, genauso wenig wie die Stärke der Aktivitätsquelle. Deswegen werden gerne andere Messmethoden dazu kombiniert (beispielsweise MRT) um auch genauere und detailliertere Ergebnisse bezüglich der Stärke und auch der Lokalität der Aktivitäten zu erzielen (Elbert et al., 2001). Das EEG bringt also im Vergleich zu anderen gängigen Methoden sowohl einige Vor-, aber auch einige Nachteile mit sich.

---

<sup>14</sup> Beispielsweise in der Epilepsiediagnostik

#### 4.1. Vor- und Nachteile des EEG zu anderen Messmethoden

Hier ist vorweg zu schicken dass Neuroimaging-Methoden beziehungsweise die Erforschung des Gehirns mit Hilfe der Messung jener eine noch nicht ausgeschöpfte Wissenschaft ist, von der in Zukunft sicherlich noch einiges zu erwarten sein wird.

Zunächst eine kurze Übersicht diverser Neuroimaging Methoden nach Walter Henrik, 2009:

		Signaltechnische Grundlagen	Anmerkungen
CT	<b>Computertomografie</b>	Absorption von Röntgenstrahlen durch unterschiedliche Gewebsanteile, Erstellungen von Schichtaufnahmen	Medizinisches Standardverfahren, hohe räumliche Auflösung, aber mit radioaktiver Exposition verbunden
EEG	<b>Elektroenzephalografie</b>	Elektrische Potenzialschwankungen, Quelle: vorwiegend Endplattenpotenziale	Medizinisches Standardverfahren, hohe zeitliche (ms), mäßige räumliche Auflösung, „verschmiertes“ Signal. Neben Frequenzanalysen vor allem Einsatz mit ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP), aber auch mit neueren Analysemethoden: messen die elektrische Reaktion auf einen zeitlich genau stimulierten Stimulus
MEG	<b>Magnet-Enzephalografie</b>	Magnetische Feldschwankungen, Quelle: Endplattenpotenziale, interaxonaler Stromfluss	Ähnlich wie EEG (hohe zeitliche, mäßige räumliche Auflösung, Frequenzmessungen, ereigniskorrelierte Felder, neue Analysemethoden). Deutlich teurer (Hochtechnologie). Vorteil gegenüber EEG: Kopfoberfläche verzerrt magnetische Felder nicht, dadurch genauer, kein Kleben von Elektroden.
PET	<b>Positronen-Emissions-Tomografie</b>	Zerfall radioaktiver Substanzen, damit Messung von regionalem Glukoseverbrauch (FDG-PET) oder Durchblutung (Wasser- bzw. Butonal-PET) als Indikator für neuronale Aktivität; auch die Messung der Konzentration bestimmter Moleküle (Rezeptoren, Amyloid) ist damit möglich. Ähnliche, preiswertere, aber ungenauere Technik: SPECT <b>Single-Photon-Emissions-Computed-Tomography</b> .	Glukose-PET: Funktionsmessung über den Zeitraum einer halben Stunde; Wasser-PET: Auflösung nicht besser als ca. 30 Sekunden. Rezeptor-PET: für molekulares Imaging unverzichtbar. Nachteile: Teurer, radioaktive Exposition, Gefäßpunktionen notwendig.

sMRT	<b>strukturelle Magnetresonanztomografie</b>	Messung der Kernspinresonanz von Gehirnmolekülen, insbesondere Wasser in einem starken magnetischen Feld, dadurch hochauflösende Darstellung verschiedener Hirngewebe.	Medizinisches Standardverfahren, hohe räumliche Auflösung (im mm- bis sub-mm-Bereich). Beeinflussung der Messergebnisse durch Ernährungszustand und Medikamente.
DTI	<b>Diffusions-Tensor-Imaging</b>	Spezielle MRT-Technik, mit der die Diffusion von Wasser in Axonen gemessen werden kann, dadurch Darstellung von neuronalen Faserverbindungen.	Technik mit großem Potenzial, methodisch noch in Entwicklung, erste vielversprechende Ergebnisse.
fMRT	<b>Funktionelle Magnetresonanztomografie</b>	MRT-Technik, mit der regionale Unterschiede im Sauerstoffgehalt und damit der Durchblutung als Indikator für neuronale Aktivität gemessen werden (BOLD-Effekt).	Am breitesten angewandte Technik im funktionellen Neuroimaging. Hohe räumliche (mm bis sub-mm), begrenzte zeitliche Auflösung (Sekunden). Vorteil: praktisch ohne Nebenwirkungen, beliebig wiederholbar. Einschränkungen: Platzangst, lautes Geräusch beim Messen, bewegungs- und artefaktanfällig.
MRS	<b>Magnetresonanztomographie</b>	Spezielle MRT-Technik, die die Konzentration bestimmter Moleküle (N-Acetyl-Aspartat, Glutamat) im Gehirn messen kann.	Zur Zeit nur sehr grobe Auflösung, nur wenige Moleküle geben ausreichende Signale, wird PET nie ganz ersetzen können, aber für spezielle Fragestellungen hilfreich.
NIRS	<b>Nah-Infrarot-Spektroskopie</b>	Mithilfe von Infrarotstrahlung können oberflächennah durch den Schädel hindurch nichtinvasiv Durchblutungsänderungen gemessen werden.	Nichtinvasiv, nicht weit verbreitet, nur sehr begrenzt einsetzbar, relativ teuer, aber ungefährlich, gut etwa bei Kindern einsetzbar.
TMS	<b>Transkranielle Magnetstimulation</b>	Mit starken magnetischen Feldern können oberflächennahe Hirnareale erregt oder gehemmt werden.	Nur im weiteren Sinne „bildgebend“, einzige Technik, mit der kausal in Gehirnprozesse interveniert wird, wird auch diagnostisch in Neurologie und therapeutisch in Psychiatrie (Depressionsbehandlung) eingesetzt.

Tabelle 1: Übersicht über Verfahren des Neuroimaging von Walter, 2009 in Schleim, 2009. 70-71.

Zusammenfassend zeichnet sich das EEG als Untersuchungsmethode also folgendermaßen aus:

–es ist leicht und relativ schnell anwendbar (zur genaueren Durchführung siehe Kapitel

4.3.).

–es ist nichtinvasiv.

–es hat eine hohe zeitliche Auflösung, was bei der Untersuchung der zeitlichen Abfolgen im Gehirn etwa bei Sprachrezeption das entscheidende Kriterium ist (Friederici, 2003).

Somit stellt es ein sensibles und genaues Instrument dar, um kognitive Prozesse zu studieren, die sehr schnell ablaufen.

–es ist auch mit Säuglingen/Kleinkindern durchführbar, was bei entwicklungsspezifischen Fragestellungen unumgänglich ist.

–Es ist im Vergleich zu anderen aufwendigeren Methoden eine kostengünstige Variante

## **4.2. Grundlagen der Nervenzellaktivitäten und Entstehung des EEGs**

Wie in Kapitel 2.2.1. bereits erwähnt, findet die Informationsübertragung im Gehirn durch Aussenden und Empfangen von Signalen statt, welche sich bis zur Kopfhaut als Spannungsschwankungen äußern und dort gemessen werden können. (Walter, 2009).

*„Das Elektroenzephalogramm (EEG) ist die elektrische Registrierung neuronaler Aktivität des menschlichen Kortex.“*

(Kirschstein, 2008, 30)

### **4.2.1. Das Ruhe- und das Aktionspotenzial**

Wie die Signalübertragung zwischen Nervenzellen genau vonstatten geht, beziehungsweise was man genau messen kann und wie das zu Stande kommt, sind sehr komplexe physikalische und chemische Prozesse, die in ihrer ganzen Ausführung den Rahmen dieser Arbeit und ihre eigentliche Fragestellung sprengen würden. Einen kurzen Überblick, des besseren Verstehens wegen, möchte ich an dieser Stelle dennoch geben:

Nervenzellen bestehen im Groben aus dem Zellkörper, den Dendriten und dem Axon (siehe Kapitel 2.2.1.), dessen Hauptaufgabe das Weiterleiten von Signalen ist. Die Nervenzellen sind über Synapsen miteinander verbunden, sodass man im Zusammenhang mit der Übertragung eines elektrischen Signals jeweils von prä- und

postsynaptischen Nervenzellen sprechen kann. Postsynaptische Signale sind im Grunde verantwortlich für die Entstehung des EEG-Signals (näheres zur Durchführung des EEG siehe Kapitel 4.3.). Dabei spielen sogenannte „Neurotransmitter“<sup>15</sup> eine wichtige Rolle. Die Ausschüttung jener Neurotransmitter und weiters deren erneute Aufnahme durch ein Empfängerneuron haben eine weitere Reaktion des Neurons zur Folge. Physikalisch gesehen sind elektrische Signale nichts anderes als Potenzialschwankungen. Grund dafür sind die unterschiedlichen Verhältnisse innerhalb und außerhalb einer Nervenzelle. Wenn eine Zelle nun gerade nicht aktiv ist, liegt dieser Potenzialunterschied etwa bei -70 mV<sup>16</sup>. Man spricht in diesem inaktiven Zustand vom sogenannten Ruhepotenzial, welches die Spannung des Inneren im Vergleich zum Äußeren der Zellmembran beschreibt. Verursacht wird dieser Spannungsunterschied durch eine unterschiedliche Konzentration positiv und negativ geladener Ionen. Getrennt durch die Zellmembran liegen im Interzellulärraum mehr positiv geladene und negativ geladene Ionen vor, als außerhalb der Zelle. Die Zellmembran ist selektiv durchlässig, was heißt, dass sie für manche Ionen leicht, für andere wiederum sehr schwer zu durchdringen ist. Das Ein- und Ausdringen von diversen Ionen läuft dabei immer über die sogenannten Ionenkanäle ab, welche man sich wie Flussschleusen vorstellen kann. Sie schließen und öffnen sich, was unter anderem auch von äußeren Einflüssen abhängen kann. Empfängt eine Zelle ein Signal einer anderen Zelle, öffnen sich die Ionenkanäle plötzlich gänzlich und sind so auch für die Ionen durchlässig, welche vor dem Öffnen des Kanals nicht durch konnten. Diese Ionen gelangen also weiter ins Innere der Zellmembran und eine Depolarisation ist die Folge. Diesen Prozess bezeichnet das sogenannte Aktionspotenzial (Zschocke, 2002). Bei den Aktionspotenzialen handelt es sich um die intrazellulär größten Potenzialschwankungen: für eine EEG-Messung

*„[...] ist ihre extrazellulär messbare Amplitude für die Entstehung allerdings so klein, dass sich die Notwendigkeit der Summation einer Vielzahl von gleichzeitigen und gleichsinnig ablaufenden Aktionspotenzialen ergibt.“*

(Kirschstein, 2008, 29)

Das soll heißen, dass ein sich ereignendes Aktionspotenzial einen zu kleinen Ausschlag

---

15 Überträgersubstanz

16 mV=Megavolt (1 Million Volt)

ergibt um für eine aussagekräftige Messung zu stehen. Somit ist nur die Messung mehrerer Aktionspotenziale sinnvoll und kann weiters zu einem brauchbaren Ergebnis führen. Das Problem dabei ist nicht nur die Quantität, sondern auch die Dauer eines Aktionspotenzials. Es ist nämlich sehr kurzlebig, etwa eine Millisekunde. Somit ist ein Messgerät notwendig, welches zeitlich sehr hoch auflösend ist, wie eben das EEG.

#### 4.2.2. Pyramidenzellen

Da die zuvor erläuterten postsynaptischen Potenziale hauptsächlich an den Dendriten der Pyramidenzellen auftreten, sind diese auch Hauptaugenmerk der EEG-Messung. Man geht von einer Zweiteilung der kortikalen Neuronen aus:

–Pyramidenzellen

–Sternzellen

Pyramidenzellen machen etwa 85% aller Nervenzellen aus, und wurden auf Grund ihrer äußerlichen Form so genannt. Diese Art von Zellen kommt in der Großhirnrinde vor, und deren Dendriten sind mit mehr als einem Spine pro Mikrometer besetzt, was sehr viel ist. Die meisten Spines, nämlich rund 75%, sitzen selbst ebenso auf Spines auf.

*„Spines sind bläschenartige Fortsetzungen auf den Dendriten, auf denen sich plastische Synapsen befinden, also solche, die sich in ihrer Wirksamkeit ein EPSP<sup>17</sup> auszulösen, verändern können.“*

(Elbert et al., 2001, 194)

Sie haben erregende Funktion und weitreichende Verbindungen. Sternzellen wiederum haben hemmende Funktion und machen nur etwa 15% der Nervenzellen aus. Auch hier bildete sich die Bezeichnung aus ihrer Form heraus, denn die Dendriten sind hier sternförmig um den Zellkörper angeordnet. Im Vergleich zu den Pyramidenzellen sind bei den Sternzellen kaum Spines vorhanden und sie haben ausschließlich lokale

---

<sup>17</sup> EPSP: exzitatorisches (erregendes) postsynaptisches Potenzial

Verbindungen. (Elbert et al., 2001)

Elbert et al. führen noch ein anschauliches Beispiel an, um sich den Unterschied und die Rollen der Pyramiden- und der Sternzellen besser vorstellen zu können. So vergleichen die Autoren diese mit „Nadelbäumen“ für die erregenden Pyramidenzellen und „Laubbäumen“ für die hemmenden Sternzellen, und sehen die Gesamtheit der Nervenzellen als eine Art „Mischwald“ an. So wachsen die Nadelbäume in unterschiedlichen Regionen des Waldes unterschiedlich hoch, jedoch ist die Aufteilung der Bäume beziehungsweise das Verhältnis dieser im Wald regional sehr ähnlich, sprich über die ganze Hirnrinde verteilt bleibt die Zusammensetzung der Zellen in etwa die selbe. Somit kann auch ein einheitlicher Verarbeitungsprozess der verschiedenen Regionen angenommen werden und Gesetzmäßigkeiten können übernommen werden. Diese Tatsache ist wichtig für das Arbeiten mit dem EEG beziehungsweise das Auswerten der Ergebnisse. Denn dabei wird von in der ganzen Hirnregion ähnlichen elektromagnetischen Phänomenen ausgegangen.

Wie bereits erwähnt, liegt das Hauptaugenmerk beim EEG auf den Pyramidenzellen, denn postsynaptische Potenziale kortikaler Pyramidenzellen

*„[...] können [...] mit einer Dauer von bis zu mehreren Hundert Millisekunden auf dem Skalp (EEG) messbare extrazelluläre Potenzialschwankungen im Bereich von 50 bis 100 Mikrovolt erzeugen.“*

(Kirschstein, 2008, 32)

### **4.3. Durchführung des EEGs**

Beim EEG werden mittels Elektroden an der Kopfhaut elektrische Spannungen gemessen. Diese Spannungen sind hauptsächlich eine direkte Folge von physiologischen elektrischen Vorgängen im Gehirn, insbesondere der Aktionspotenziale von Neuronen in der Hirnrinde (mehr zum Thema Aktionspotenziale siehe Kapitel 4.2.1.). Durch die Summierung dieser Aktionspotentiale ergeben sich charakteristische Spannungsschwankungen, die mittels

Elektroden abgenommen und über einen Schreiber in einem Kurvendiagramm sichtbar gemacht werden können. Die Gesamtheit mehrerer solcher Ableitungen an verschiedenen Stellen des Kopfes stellt das fertige EEG dar und kann als eine grobe Kartierung des gesamten Gehirns interpretiert werden.

*„Gemessen wird die Spannung zwischen jeder Elektrode und einer Referenzelektrode, die entweder über einem elektrisch relativ inaktiven Ort (unipolare Ableitung, z.B. Mastoidknochen hinter dem Ohr) oder seltener über einem elektrisch aktiven Ort (bipolare Ableitung) liegt. Alternativ kann man auch die Differenz relativ zum gemittelten Signal aller Elektroden messen.“*

(Sommer in Herrmey et al., 2010, 236)

Bei der unipolaren Ableitung wird also eine gemeinsame Referenzelektrode verwendet und es werden die Spannungsdifferenzen zwischen dieser und der anderen Elektroden gemessen. Bei der bipolaren Ableitung werden die Spannungsdifferenzen zwischen zwei benachbarten Elektroden gemessen. Es werden bei der Messung Schwingungen von 0 bis etwa 100 Hz von einem Verstärker aufgezeichnet, welcher im Stande sein muss diese Frequenzen zu messen. Außerdem hat dieser Verstärker die Aufgabe, die Amplituden der schwachen Signale bis zu tausend Mal zu verstärken. So lassen sich charakteristische Schwingungsmuster ausmachen, die häufig (mit historisch bedingter relativ ungenauer Grenzziehung zwischen verschiedenen Frequenzbändern) mit griechischen Buchstaben bezeichnet wurden, heute aber auch durch ein tieferes Verständnis der neuronalen Grundlagen mit aussagekräftigeren Termini bezeichnet werden. Die Anzahl der Elektroden variiert je nach Anordnung, kann aber heute bis 256 betragen. Diese Elektroden sind nach einem festgelegten System auf einer sogenannten Elektrodenhaube angeordnet, und werden direkt auf der Kopfhaut angebracht. Mittlerweile gibt es speziell angefertigte Elektrodenhauben, welche in verschiedenen Größen, je nach Umfang des Kopfes des Probanden, leicht angebracht werden können.

#### **4.3.1. Das 10-20 System für die Elektrodenanordnung**

Oftmals wird mit einer „Standardableitung“ gearbeitet, welche als „10-20-System“



bezeichnet wurde. Mittlerweile gibt es bereits andere Möglichkeiten des Anbringens der Elektroden, jedoch war dieses 10-20 System lange Zeit das fast ausschließlich verwendete.

*„Dabei wird die Distanz von Nasion (zwischen den Augen gelegen) und Inion (Hinterhauptknochen) in 10- oder 20%- Schritte unterteilt.“*

(Elbert et al.2001, 20)

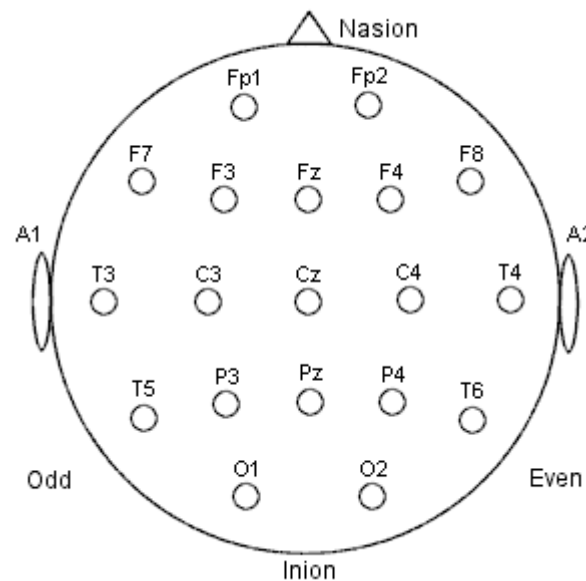


Abb.3: Elektrodenanordnung nach dem 10-20 System von: [http://www.adnf.org/glossaire\\_neurofeedback.htm](http://www.adnf.org/glossaire_neurofeedback.htm) (eingesehen am: 26.07.2011)

Die Benennung der Elektroden erfolgte nach anatomischen Gesichtspunkten. C für Central, F für Frontal, T für Temporal, P für Parietal, O für Occipital. Weiters wurden die linken Elektroden mit ungeraden, die rechten mit geraden Zahlen präzisiert, die zentralen erhielten das Suffix z. Zuerst wird die Distanz zwischen Nasion und Inion, außerdem zwischen der linken und rechten kleinen Einkerbung vor dem Ohr – präaurikulär – und über den Wangenknochen gemessen. An der Hälfte der beiden Messungen liegt der Scheitel. Hier wird die Elektrode Cz (siehe Abb. 3) befestigt. Weitere Elektroden werden jeweils 10% von den präaurikulären Punkten Richtung Scheitel gemessen (T3/4). Von diesen Punkten aus werden wiederum in 20%-Schritten rund um den Schädel weitere acht Elektroden angebracht (F7/8, Fp1/2, F5/6, O1/2). Ausgehend von der Elektrode Cz werden weiters in 20%-Schritten die Stellen für die Elektroden C3/4 sowie Fz und Tz ermittelt. Die Elektroden F3/4 sowie P3/4 liegen an den Schnittpunkten der gedachten

Verbindungslinien von den bereits bestehenden Elektroden F7/8 über Fz bzw. T5/6 über Pz und Fp1/2 nach O1/2 über C3/4. Dies ist die Anordnung, von der man bei einer EEG-Messung ausging und teilweise heute auch noch ausgeht beziehungsweise aus der sich andere Systeme entwickelten.

#### **4.3.2. Mögliche Probleme bei EEG-Messungen**

Ein großes Problem bei der Messung ist die Impedanz<sup>18</sup> zwischen den Elektroden und der Kopfhaut. Diese muss auf ein Minimales gesenkt werden, da sonst das Signal zu schwach oder die Messung verfälscht werden könnte. Diesem Problem versucht man mit einem speziellen Elektrodengel beziehungsweise mit einer Elektrodenpaste beizukommen. Diese Substanz wird zwischen Kopfhaut und Elektrode aufgetragen und mit einem Wattestäbchen einmassiert.; bei 256 Elektroden ein langwieriger Prozess, der bei dieser Elektroden-Methode jedoch unvermeidbar ist. Seit einiger Zeit gibt es noch eine weitere Methode der EEG-Messung; dabei wird statt einer Elektrodenhaube, eine Art Kopfnetz mit kleinen Schwämmen verwendet. Diese Schwämme sind auch fix angeordnet, und werden vor der Messung mit einer leitenden Flüssigkeit befeuchtet. Dann kann das Netz mit etwas Übung auch relativ schnell über den Kopf des Probanden gestülpt werden. Der Nachteil ist hier, dass während der Messung diese Schwämme immer wieder nachbefeuchtet werden müssen, da diese schnell an Feuchtigkeit verlieren. Auch das ist ein unvermeidbares Procedere, wenngleich es die Messung immer wieder unterbricht. (Sommer, 2010).

Ein weiteres Problem solcher EEG-Messungen sind Potenzialschwankungen durch andere Einflüsse, welche beispielsweise folgende sein können:

- muskuläre Aktivität (wie etwa Augenblinzeln)
- Augenbewegungen generell
- Schwankungen der Hautleitfähigkeit
- externe Einflüsse, wie etwa Stromleitungen mit Wechselstrom

Dem letzten Punkt kann relativ leicht Abhilfe geschaffen werden, nämlich durch den Einsatz speziell abgeschirmter Räume, wo die EEG-Messungen stattfinden. In diesen Räumen kann der Strom ausgeschaltet und somit diese Störung im Vorhinein gänzlich vermieden werden. Etwas schwieriger ist es jedoch bei den anderen genannten Punkten.

---

<sup>18</sup> Übergangswiderstand

Denn diese unerwünschten Einflüsse (Artefakte) müssen in jedem Fall aus der Messung exkludiert werden. So wird beispielsweise üblicherweise das Augenblinzeln, welches ja unvermeidlich ist, automatisch aus der Messstrecke entfernt, was wiederum zu einem zeitlich bedingten Messproblem führen kann. Denn oftmals sind durch das viele Herausnehmen verschiedener Messsequenzen die Ergebnisse sehr kurz und damit unbrauchbar. Um dieses Problem etwas einzudämmen, ist es auch üblich, die Probanden im Vorhinein darauf aufmerksam zu machen, dass es von großem Vorteil ist, Bewegungen während des Messvorgangs generell einzuschränken, und ein Blinzeln der Augen während der Reizdarbietungen weitgehend zu vermeiden. Leider zwingen solche oder andere Artefakte oftmals dazu, ein Experiment mehrmals zu wiederholen, bis die Messung brauchbar ist.

#### **4.4. Frequenzen des EEGs**

Das EEG erzeugt bei der spontanen Messung sinusähnliche Schwingungsabfolgen. Diese können, wie bereits erwähnt, von 0 bis etwa 100 Hz betragen. Dieser Bereich wird weiters in verschiedene Frequenzbänder unterteilt (Stern, Ray und Quigly, 2001 aus Rossi 2005):

- Der Alpha-Rhythmus geht von 8 bis 13 Hz. Diese Frequenz wird erreicht bei einem ruhigen Wachzustand. Der Proband ist in Entspannung, vielleicht mit geschlossenen Augen, aber eben wach. Seine anatomische Distribution tritt meist in okzipital-parietal-Regionen hervor.
- Der Beta-Rhythmus reicht von einer Frequenz von 13 bis 30 Hz. Diese Welle tritt auf, wenn eine Person in einem aufmerksamen, konzentrierten Wachzustand ist, beispielsweise beim Lösen einer kognitiven Aufgabenstellung.
- Der Gamma-Rhythmus tritt bei einer Frequenz von 30 bis 70 Hz auf. Diese Welle zeichnet sich durch äußerst kleine Amplituden, aber genaue lokale Spezifikation aus. Jedoch ist hier der funktionelle Ansatz noch unklar.
- Der Theta-Rhythmus geht von 4 bis 8 Hz. Hier kommt ein wenig aufmerksamer Zustand zu tragen, wie etwa in Hypnose.
- Der Delta-Rhythmus bezeichnet die Frequenz von 0,5 bis 4 Hz. Bei gesunden Personen beschreibt diese Welle den Schlafzustand, kann aber bei Wachzustand auch Hinweis auf einen Tumor in einem speziellen Areal sein. Innerhalb der ersten

zwei Lebensjahre von Kindern ist dies auch die dominante Welle, die festgestellt wurde.

#### **4.5. Ereigniskorrelierte Potenziale - EKP**

Im folgenden Kapitel werden die Anwendungen des EEGs und um ereigniskorrelierte Potenziale (EKP) ausgeführt. Was genau ist das und welche EKP-Komponenten sind die charakteristischsten?

Um herauszufinden, wo und wann genau ein bestimmter Prozess im Gehirn stattfindet, geschieht bei einer EEG-Messung Folgendes: Nach all den Vorbereitungen wird ein bestimmter Reiz mehrmals aufeinander präsentiert. Das EEG bildet daraufhin einen Mittelwert der Reaktionen. Das Ergebnis setzt sich dann anfangs aus zufälligen Potenzialschwankungen und der eigentlichen Reaktion des Gehirns auf den spezifischen Reiz zusammen. Um dies zu filtern, werden alle ermittelten Reaktionen des vorangegangenen Reizes übereinander gelegt. Dadurch können die zufälligen EEG-Bestandteile ermittelt werden, und übrig bleibt nur die spezifische Reaktion auf den ausgelösten Reiz. Dies ist das ereigniskorrelierte Potenzial (EKP) beziehungsweise event-related potential (ERP) (Sommer, 2010). Rüsseler und Müntes Definition eines EKPs lautet folgendermaßen:

*„Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP) sind reizevozierte Spannungsveränderungen des Gehirns, die von der Kopfoberfläche abgeleitet werden können und zeitlich an sensorische, motorische oder kognitive Prozesse gekoppelt sind.“*

(Rüsseler und Münte in Buchner und Noth 2005, 80)

Dietrich beschreibt EKP ähnlich wie die vorher erwähnten Autoren folgendermaßen:

*„Grundsätzlich versteht man unter ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP) Spannungsschwankungen im Elektroenzephalogramm (EEG), die synchron zu sensorischen, motorischen und kognitiven neuronalen Prozessen auftreten.“*

(Dietrich, 2002, 46)

Das EKP stellt also die eigentlich wichtige Information für die linguistische Forschung mit dem EEG dar. Wichtig hierbei zu erwähnen ist nochmals, dass diese nicht direkt am Probanden gemessen werden, sondern eben erst durch das Mitteln vieler Verarbeitungsdaten errechnet werden können. Dies liegt daran dass die Potenzialschwankungen, die die spezifische Verarbeitung widerspiegeln, viel kleiner sind, als die zuvor erwähnten, möglichen Artefakte.

#### **4.5.1. Positive und negative EKP**

Nach dem Mitteln des Durchschnitts für ein gewisses Zeitfenster, erhält man ein EKP mit entweder positiven und/oder negativen Wellen. Die EKP werden somit jeweils mit einem „P“ (für positiv) oder einem „N“ (für negativ) und einer nachfolgenden Zahl bezeichnet. Diese Nummer bezeichnet die Zeit in Millisekunden, vom gegebenen Stimulus bis hin zum auftretenden Potenzial (Kuttas und van Petten, 1994). Die negativen Ausschläge werden nach oben dargestellt, die positiven nach unten.

#### **4.5.2. MMN (Mismatch-Negativity)**

Die MMN bezeichnet die Differenz der Abweichungen zwischen dargebotenen Standardreizen zu einem sogenannten „devianten Stimulus“, also einem Reiz, der in mindestens einem Attribut von der Standarddarbietung abweicht. Dies geschieht unabhängig von der Aufmerksamkeit des Probanden und erreicht, bei Erwachsenen, ihren maximalen Ausschlag zumeist in einem Bereich von 100 bis 250 Millisekunden nach dem Stimulus-Onset<sup>19</sup> (Friederici, 2005). Friederici definiert die MMN folgendermaßen:

*„[...] a negativity at 100–250 ms, which reflects the discrimination of acoustically and phonetically different stimuli .“*

(Friederici, 2005, 1)

Die MMN lässt sich auch bei sprachlichen Inputen, also einzelnen Silben oder auch ganzen Wortstrukturen feststellen. Das Interessante dabei ist, wie bereits erwähnt, dass dies ohne einer besonderen Aufmerksamkeit der Probanden geschieht, und somit als

---

<sup>19</sup> Stimulus-Onset bezeichnet den Anfangszeitpunkt des dargebotenen Stimulus

automatischer Ablauf zu werten ist (Näätänen, 2001). Wenn die MMN als Hilfsmittel bei Fragestellungen der Sprachverarbeitung dienen soll, wird zumeist mit Phonemen oder Silben gearbeitet. Es kann auch bei solch kleinen Fragmenten von einer Aktivierung verschiedener lexikalischen Einträge ausgegangen werden. Kleine Abweichungen des Standardreizes können somit automatisch erkannt werden und äußern sich weiters in einem Negativausschlag (mehr dazu in Kohls, 17 – 21).

### 4.5.3. N400

Die N400 bezeichnet einen Negativausschlag im Bereich von 300 bis 600 Millisekunden nach dem Stimulus-Onset und gibt Hinweise auf lexikalisch-semantische Verarbeitung. Hierbei passt der deviante Stimulus *semantisch* nicht zu den vorangegangenen. Als erstes entdeckten Kutas und Hillyard (1980) diese EKP-Komponente, als semantisch inkorrekte Aussagen mit semantisch korrekten kombiniert wurden. Dadurch wurde diese Komponente auch mit der Verarbeitung von semantischem Input in Verbindung gesetzt. So wurde die N400 Komponente in ähnlichen Kontexten sehr oft reproduziert, sowohl in visueller, als auch auditiver Art und Weise. Das folgende Beispiel ist eine grafische Darstellung der N400. Der verwendete Begriff „gebügelt“ passt semantisch nicht zu „Gewitter“ aber sehr wohl zu „Hemden“.

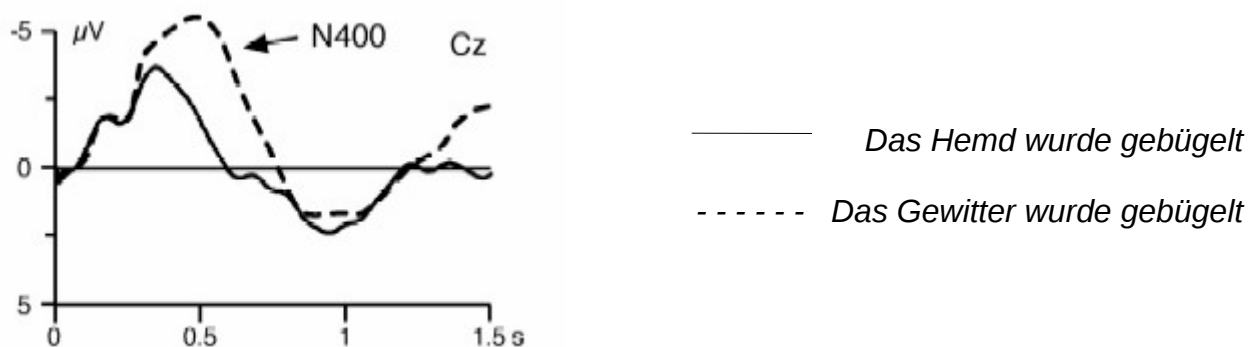


Abb.4: N400 nach semantischer Regelverletzung (aus Friederici und Alter, 2004, 272)

„[T]he N400, a centro-parietally distributed negativity at ~400 ms, which reflects lexical-semantic processes and is observed both at the word and sentence level. “

(Friederici, 2005, 1)

Das soll heißen, dass die N400 nicht ausschließlich in semantisch inkorrekten Satzkonstruktionen auftritt, sondern auch in kleineren Fragmenten, wie etwa Wortkonstruktionen. Mehr dazu siehe beispielsweise Bentin, McCarthy und Wood, 1985.

#### 4.5.4. (E)LAN ((early) left anterior negativities) und P600

Diese beiden Potenzialkomponenten stehen in Zusammenhang mit syntaktischen Anomalien. vor allem wenn es die syntaktische, sowie auch morphosyntaktische *Satzstruktur* betrifft. Bereits etwa 125 Millisekunden nach Stimulus-Onset kann ein früher links anteriorer Negativauschlag gemessen werden. Jedoch zeigt sich bei einer syntaktischen Regelverletzung nicht nur (E)LAN sondern auch eine spätere, etwa bei 600 Millisekunden nach Stimulus-Onset, auftretende Positivierung, die sogenannte P600. Diese hängt mit einer Revision einer schon aktivierten Struktur beziehungsweise einem aufgebauten Prozess zusammen. Im folgenden Beispiel ist zuerst ein (E)LAN wegen der syntaktischen Regelverletzung festzustellen, weiters hat die Anomalie „am“ bei der bereits aufgebauten Struktur von „Das Hemd/die Bluse wurde gebügelt“ eine P600 zur Folge.

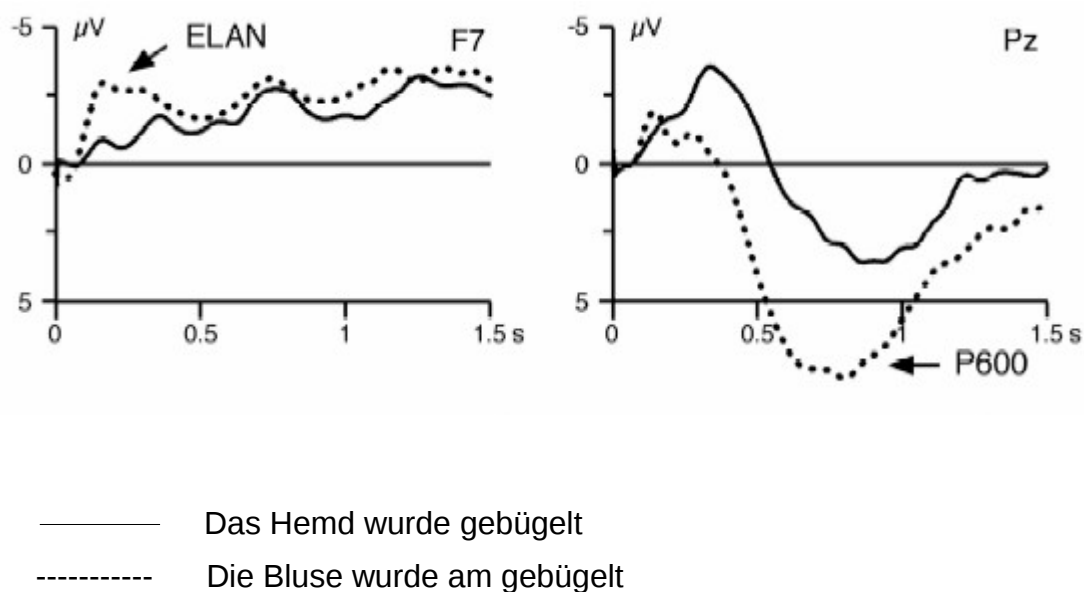


Abb.5: Darstellung einer gemittelten (E)LAN und P600 (aus Friederici und Alter, 2004, 272)

## 5. Ausgewählte Beispiele elektrophysiologischer Studien in Bezug auf Bilingualismus

Es gibt bereits viele EKP-Studien zur Sprachverarbeitung, sowohl mit semantischen als auch syntaktischen Fragestellungen. Zumeist beschränkten sich die Studien jedoch auf monolingualen Spracherwerb. Zu bilingualem beziehungsweise multilinguaalem Erstspracherwerb und der syntaktischen und semantischen Sprachverarbeitung aller erworbenen Sprachen im Gehirn existieren dagegen nicht so viele Forschungsarbeiten. Dennoch wird in diesem Kapitel ein kleiner Überblick gegeben, welche EKP-Studien in Bezug auf Bilingualität welche Ergebnisse erzielten, und was dies für die Sprachverarbeitung im menschlichen Gehirn vermuten lässt.

Weber-Fox und Neville (1996) testeten chinesisch-englische Muttersprachler. Diese Studie ist deswegen so interessant, weil man auf Grund der Vorgehensweise auch Rückschlüsse auf sensible Perioden (mehr dazu siehe Kapitel 2.2.3.) sowie deren Begrenzungen auf das Alter bezogen ziehen könnte. Denn die Probanden wurden in verschiedene Gruppen je nach Erwerbsalter der zweiten Muttersprache (Englisch) eingeteilt. Die Probanden wurden in 5 Altersgruppen unterteilt, die jeweils zwischen 1-3, 4-6, 7-10, 11-13 und älter als 16 Jahre lagen. Getestet wurde anhand von syntaktischen, sowie auch semantischen Anomalien in einzelnen Fragestellungen. Syntaktische Fehlerquellen betrafen hauptsächlich die Satzstellung und waren Hauptaugenmerk der Studie. Im Folgenden eine Zusammenfassung der Testergebnisse:

Age of L2 acquisition	Semantic violation	Word Category violation
1-3 years	N400	No early negativity Negativity 300-500 (left) P600
4-6 years	N400	No early negativity Negativity 300-500 (left) P600
7-10 years	N400	No early negativity Negativity 300-500 (left) P600
11-13 years	Delayed N400	Early negativity (right) Negativity 300-500 (bilateral) Delayed P600



> 16 years	Delayed N400	Early negativity (right) Negativity 300-500 (bilateral) No P600
------------	--------------	---

Tabelle 2: Testergebnisse der Studie von Weber-Fox und Neville (1996) (zitiert aus Rossi, 2005, 55)

Semantische Regelverletzungen hatten in allen Gruppen eine N400 zur Folge, jedoch war diese bei den über 11-Jährigen verzögert. Bei Fehlerquellen die Wortkategorie betreffend (also syntaktische Anomalien), wo für gewöhnlich bei Testreihen von monolingualen Sprechern sowohl eine (E)LAN als auch eine P600 auftritt, war bei diesen Testergebnissen keine (E)LAN zu beobachten. Zwar zeigten die Probanden ab 11 Jahren eine frühe Negativierung, jedoch war diese rechts und nicht links anterior aktiv, wie es die (E)LAN verlangt. Nur bei den jüngeren Gruppen (also insgesamt 1 – 10 Jahre) konnte eine P600, bei den 11-13 Jährigen eine verzögerte P600, und bei den über 16-Jährigen gar keine P600 festgestellt werden (Rossi, 2005).

Auch Hahne und Friederici (2001) führten eine EKP-Studie durch, allerdings zum L2-Erwerb nach der Pubertät, dessen Ergebnisse in dieselbe Richtung wie jene von Weber-Fox und Neville gingen und damit auch einige Rückschlüsse zulassen. Dabei wurden japanische Muttersprachler, welche Deutsch als Zweitsprache erlernten, als Probanden herangezogen. Die Deutschkenntnisse der japanischen Probanden waren auf einem eher niedrigem Level. Ebenso wurden semantische und syntaktische Fehlerquellen eingebaut. Bei semantischen Anomalien wurde, wie es auch bei Muttersprachlern der Fall wäre, eine N400 gemessen. Aber bei der Untersuchung der syntaktischen Verarbeitungsmechanismen, konnte weder eine (E)LAN, noch eine P600 evoziert werden (Hahne und Friederici, 2001). Die fehlende (E)LAN ist ein Hinweis darauf, dass bei einem niedrigem Sprachlevel, wie es bei jenen Probanden der Fall war, nicht von einer automatischen Erkennung des syntaktischen Fehlers ausgegangen werden kann. Außerdem dürfte das Sprachniveau ebenso für eine P600 zu schwach sein. Man kann also davon ausgehen, dass die Sprachkenntnisse eng mit einer zu evozierenden (E)LAN und auch einer P600 zusammenhängt, denn bei einem höheren, ausgereiften Sprachniveau (wie beispielsweise bei der zuvor beschriebenen Studie von Weber-Fox und Neville, 1996) konnte eine P600 festgestellt werden.

In einer weiteren Studie von Hahne (2001) ging es wieder um ähnliche Fragestellungen und Untersuchungsvorgänge. Es wurden russische Muttersprachler, welche ihre L2 Deutsch nach dem zehnten Lebensjahr erworben hatten, als Probanden eingesetzt. Diese Testgruppe befand sich jedoch auf einem sprachlich höheren Level als die japanisch-deutschen Probanden der vorher erwähnten Studie von Hahne und Friederici (2001). Die syntaktischen Fragestellungen gestalteten sich ähnlich, doch zeigten sich andere Ergebnisse. Zwar war die (E)LAN auch hier nicht vorhanden, jedoch konnte bei den syntaktischen Anomalien eine P600 festgestellt werden. Die Autorin begründete diese unterschiedlichen Ergebnisse mit den besseren Sprachkenntnissen beziehungsweise dem höheren Sprachniveau der russisch-deutschen Probanden dieser Testreihe. Was die Ergebnisse der semantischen Verarbeitung angeht, wurde auch hier eine N400 gemessen. Jedoch mit einer reduzierten Amplitude und einer längeren Latenz des Höchstwertes im Gegensatz zu monolingualen Sprechern.

Was kann aber nun anhand der kurz vorgestellten Studien für die semantische und syntaktische bilinguale Sprachverarbeitung abgeleitet werden? Die Semantik betreffend kann zusammenfassend konstatiert werden, dass eine immer (wenn auch oftmals verzögerte) evozierte N400 dafür sprechen könnte, dass sowohl Muttersprachler als auch L2-Lerner ähnliche Verarbeitungsstrategien anwenden. Je später eine zweite Sprache hierbei erworben wird, umso eher wurde eine verzögerte N400 beobachtet, was die Autoren darauf zurückführen, dass spätere L2-Lerner auch bei semantisch korrekten Konstruktionen, einen etwas erhöhten Wert, sprich einen deutlicheren negativen Ausschlag zeigen. Dies wird als Zeichen für eine größere Schwierigkeit für späte L2-Lerner verstanden, semantische Konstruktionen in eine vorhandene Satzkonstruktion zu integrieren. Auch das oftmals weniger ausgeprägte Sprachvokabular spielt hier wohl eine nicht unerhebliche Rolle. Weitaus interessanter gestaltet sich die Interpretation der Ergebnisse auf syntaktischer Ebene. Denn hier konnte man auf erhebliche Unterschiede der Sprachverarbeitung zwischen frühen und späten L2-Lernern schließen. Das fehlende (E)LAN ist hier jedoch nicht der überraschende Aspekt, denn dies stellt den wohl, durch das so kurz gefasste Zeitintervall nach Stimulus-Onset, am meist automatisierten Prozess dar. Dies ist offensichtlich von späteren L2-Lernern in dieser Weise kaum mehr zu etablieren (auch bei präpubertärem Kontakt mit der L2 und sehr guten Kenntnissen dieser). Eine P600 kann aber – trotz fehlender (E)LAN – evoziert werden, jedoch zeigen

sich anhand der Ergebnisse hier noch klarere Unterschiede, je nach Erwerbsalter der L2. Die Trennlinie wäre hier etwa bei einem Alter von 10 oder 11 Jahren zu ziehen, was sich sowohl mit den drei Erwerbstypen von Meisel, welche der Autor wohl nach Forschungsergebnissen neurolinguistischer Studien wie dieser hier abgeleitet hat und daraufhin die einzelnen Erwerbstypen nach Altersgrenzen eingeteilt hat, decken würde (mehr dazu siehe Kapitel 3.2.), als auch mit der bereits in Kapitel 2.2.3. erwähnten Fähigkeit, ab etwa einem Alter von 10-12 Jahren gezielte Reflexion der Syntax einer Sprache zu betreiben, was in einem jüngeren Erwerbsalter in dieser Form noch nicht möglich ist (Schaner-Wolles, 2010). Ein weiterer noch zu erwähnender Punkt in diesem Fall ist gerade bei früher Bilingualität auch die Dominanz einer Sprache, die im Alltag jedoch meist nicht zu vermeiden ist, was aber auf Untersuchungsergebnisse Einfluss nehmen kann. Bei Studien, wie etwa Friederici, Steinhauer und Pfeifer (2002) sie durchführten, konnten die beiden zuletzt genannten, möglichen Einflüsse auf die Testergebnisse weitgehend unterbunden werden.

Denn hier wurde mit einer Konstruktion einer sehr eng gefassten Grammatik, abgeleitet vom Japanischen gearbeitet. Diese konstruierte Grammatik hieß „Brocanto“ und wurde den in zwei Gruppen geteilten Probanden mit deutscher Muttersprache auf unterschiedliche Weise näher gebracht. Eine Gruppe wurde sowohl einem Wortschatz- als auch einem Syntaxtraining unterzogen, die andere erhielt lediglich ein Vokabeltraining. Die elektrophysiologische Untersuchung gestaltete sich jedoch dann bei beiden Gruppen mit denselben Fragestellungen und eingebauten syntaktischen Fehlerquellen<sup>20</sup>. So konnte bei der rein auf Vokabular trainierten Gruppe weder eine (E)LAN noch eine P600 gemittelt werden, bei der sowohl vokabel- als auch syntaxtrainierten Gruppe konnte wiederum beides evoziert werden, so wie es auch bei Muttersprachlern einer Sprache der Fall sein würde. Diese Ergebnisse lassen sich gut in Zusammenhang mit der bereits erwähnten „less is more hypothesis“ setzen (mehr dazu in Kapitel 2.2.3.). Da in den zuvor vorgestellten Studien aber nie eine (E)LAN gemittelt werden konnte, bei einer so klein gehaltenen Grammatik wie der des „Brocanto“ jedoch schon, kann hier von einem effizienteren Verarbeitungsmechanismus ausgegangen werden. So scheint doch nicht nur die Altersbegrenzung des Spracherwerbs, sondern auch die Kenntnisse in den einzelnen Sprachen, welcher unweigerlich auch mit dem „Umfang“ der Sprache und der sprachlichen

---

<sup>20</sup> Einfache 5-8-Wortsätze wurden präsentiert. Die Hälfte von diesen enthielt syntaktische Anomalien, genauer eine Verletzung der Wortkategorie.

Umgebung eines Kindes, sprich mit dem möglichen Input, zusammenhängen, von Bedeutung zu sein.

## **6. Conclusio**

Im Fokus dieser Arbeit stand zunächst der Spracherwerb an sich und der mögliche Vorteil einer bilingualen, kindlichen Erziehung unter Annahme von sensiblen Perioden und kognitiv vorgegebenen biologischen Zeitfenstern für den Erwerb spezieller, vor allem sprachlicher Fähigkeiten. In Bezug auf diese Thematik kann nur von Annahmen, Theorien und Modellen ausgegangen werden. So wird in der Literatur oft auf Grund unterschiedlicher Altersgruppen beim Erwerb einer Sprache unterschieden. Dies setzt jedoch die Annahme von sensiblen Perioden voraus. Was jedoch genetische Veranlagung ist oder durch die Umwelt geprägt wird, ist längst nicht vollständig geklärt. Häufig wird in der Linguistik von einer Universalgrammatik -UG- und der Verarbeitung von Syntax als autonome, kognitive Fähigkeit ausgegangen, welcher Ansatz von Chomsky geprägt und konkretisiert wurde. So wird diese UG auch als angeborene, menschliche Fähigkeit klassifiziert. Was jedoch den Spracherwerb in seiner genaueren Betrachtung und weiters auch die Verarbeitungsmechanismen im Gehirn angeht, stieß die Forschung bei der Rollenverteilung der beiden Gehirnhälften an ihre Grenzen. Die lokalen Repräsentationen von sprachlichen Fertigkeiten wurden zwar bereits im 19. Jahrhundert untersucht, bis heute lässt dieses Forschungsgebiet aber viele Fragen offen. Welche Areale wofür zuständig sind beziehungsweise ob man hier überhaupt eine genauere Abgrenzung vornehmen kann, bleibt bis dato ungeklärt. Es wird in der gegenwärtigen Literatur eher von einem konnektionistischen Ansatz ausgegangen, der die Zusammenarbeit vieler Neuronen, welche durch Synapsen miteinander verbunden sind in den Vordergrund stellt. Zwar kann man mittlerweile, durch modernere Messverfahren, aktive Areale im Gehirn bei der einen oder anderen Fragestellung festmachen, jedoch blieb bisher eine spezifischere Untersuchung der jeweiligen aktiven Areale aus technischen Gründen verwehrt. So muss davon ausgegangen werden, dass selbst die Aktivität einzelner Neuronen einen Unterschied machen kann.

Besonders interessant für den psycholinguistischen Ansatz empfand ich die funktionelle Repräsentation von Sprache, genauer gesagt die Reaktionen des Gehirns auf diverse

Stimuli, welche Aufschlüsse über die Verarbeitungsmechanismen – vor allem in Bezug auf den Spracherwerb - im Gehirn geben können. Diese Ansätze mit Bilingualität und der Frage, wie das Gehirn zwei verschiedenen Sprachen organisiert, in Verbindung zu setzen, war folglich das Hauptaugenmerk dieser Arbeit. Bei dieser Fragestellung gilt es zunächst eine klare Definition von Bilingualität als solche zu geben, genauso wie vom Erwerb dieser im Gegensatz zu monolinguaalem Erstspracherwerb. Oftmals wird der altersspezifische Ansatz gewählt, um klare Grenzen zwischen Erst- und Zweispracherwerb zu ziehen, wobei über das genaue Alter große Uneinigkeit in der Literatur herrscht. Auf Grund der zuvor erwähnten, angenommenen sensiblen Perioden, ist dieser Ansatz durchaus nachvollziehbar. Wichtig dabei, vor allem auch für diese Arbeit, war eine klare Abgrenzung von „natürlicher“ im Gegensatz zu „erlernter“ Bilingualität, wobei die „natürliche“ Bilingualität im Mittelpunkt stand. In Anbetracht der Grenzziehung nach Erwerbsalter wurde auch die Definition von „frühem“ und „spätem“ Bilingualismus geprägt. Eine klare Altersgrenze ließ sich aber nicht festlegen, obwohl eine gewisse Tendenz zu einer unterschiedlichen Erwerbs- und damit auch Verarbeitungsstrategie vor oder nach dem 10-12 Lebensjahr, sowohl in der theoretischen Literatur, als auch in den diversen Forschungsergebnissen, festzustellen war. Gerade was die Verarbeitungsstrategien betrifft, ist das EEG nach wie vor eine äußerst beliebte Methode, um die zeitliche Komponente, vor allem in Bezug auf Semantik und Syntax, zu untersuchen. Oftmals wird das EEG mit anderen Messmethoden kombiniert, um sowohl Fragestellungen bezüglich der lokalen, als auch der zeitlichen Komponente zu untersuchen. Dabei soll die neuronale Verarbeitung von Information (in diesem Fall Sprachsignale) gemessen werden. Verstärkte Informationsverarbeitung wird dann angenommen, wenn die Ausschläge im EEG auf besonders hohe Aktionspotenziale schließen lassen. Daraus können dann über mehrere Testreihen ereigniskorrelierte Potenziale (EKPs) ermittelt werden. Die wichtigsten sind dabei die MMN (Mismatch Negativity), die N400 (welche mit semantischer Verarbeitung zusammen hängt) sowie die (E)LAN und P600 (welche mit syntaktischer Verarbeitung zusammenhängen). Diese EKP-Komponenten stellen bei unterschiedlichen Studien eine Art Referenzpunkt dar, wodurch, je nach deren Vorkommen oder eben Nicht-Vorkommen, Rückschlüsse auf Verarbeitungsmechanismen in Bezug auf Semantik oder Syntax gezogen werden können. Dabei wird meist mit den Ergebnissen von monolingualen Probanden verglichen. Kontroverse Ergebnisse lassen nach wie vor kein konkretes Urteil zu, jedoch kann durch Zusammenfassung der in dieser Arbeit vorgestellten Studien auf Folgendes geschlossen werden: In Bezug auf die Semantik stellen die

zusammengetragenen Untersuchungsergebnisse keine allzu großen Neuerungen beziehungsweise Überraschungen dar. Die N400 konnte auch bei bilingualen Sprechern, auch wenn sie ihre L2 später erworben hatten oder ihre Kenntnisse kein allzu großes Niveau erreicht hatten, gemessen werden. Die (E)LAN wurde hingegen nur einer Studie mit einer sehr klein gehaltenen, konstruierten Grammatik, nie jedoch bei der L2 von bilingualen Sprechern von natürlichen Sprachen, evoziert. Dieser höchst automatisierte Prozess der (E)LAN scheint also ausnahmslos auf frühe, natürliche Bilinguale beschränkt zu sein, was unter anderem auch auf eine andere Verarbeitungsstrategie von L1 und L2 hinweisen würde. Hier ist zu erwähnen, dass beispielsweise die Studie von Weber-Fox und Neville (1996), gerade was die (E)LAN betrifft, gegensätzliche Ergebnisse zeigt, durch deren Einbeziehung solch eine generalisierte Annahme nicht mehr haltbar ist. Woran es liegt, dass bei dieser Studie etwa auch bei den 1-3 Jährigen keine (E)LAN festgestellt werden konnte, lässt meinerseits nur vage Vermutungen zu. Womöglich hängt dieses Ergebnis auch mit der Sprachkonstellation und den damit verbundenen diversen Sprachfamilien zusammen. So möchte ich an dieser Stelle die Annahme in den Raum stellen, dass Probanden mit anderen Muttersprachen (beispielsweise derselben Sprachfamilie im Gegensatz zu chinesisches-englischen Muttersprachlern) andere EKP-Komponenten vorweisen können. Die P600 scheint den Forschungsergebnissen nach zu urteilen, sowohl vom Erwerbsalter als auch von den Sprachkenntnissen der L2 abhängig zu sein. Denn es wurde nur bei später erworbener L2 eine verzögerte oder gar keine P600 evoziert<sup>21</sup>, sowie bei L2 Sprechern mit einem geringen Kenntnis der Zweitsprache. So kann man das Erwerbsalter als *den* ausschlaggebenden Faktor nur teilweise annehmen. Es sollten aber auch die Unterschiede der eigentlichen Sprachkenntnisse, sowohl in der L1 als auch der L2, berücksichtigt werden. Denn auch hier muss gerade bei frühem kindlichen Spracherwerb von unterschiedlichen Kenntnissen, abhängig von sprachlichem Input und der sprachlich-sozialen Umgebung, ausgegangen werden.

## 7. Forschungsausblick

Mit immer moderneren Mitteln ist es mittlerweile möglich, das Gehirn fast simultan bei der Aktivierung und den damit zusammenhängenden Vorgängen zu beobachten beziehungsweise verstärkte Neuronenaktivität zu messen und diese dann weiter zu

---

21 Aus der Testreihe Weber-Fox und Neville, 1996, wurde eine verzögerte P600 bei der Altersgruppe 11-13 Jahre und keine P600 bei den Über-16-Jährigen ermittelt

analysieren. Das EEG ist, trotz seines Alters, eine gut geeignete Möglichkeit, die zeitliche Komponente der Sprachverarbeitung näher zu beleuchten. Daher steht auch einer weiteren Arbeit mit dem EEG nichts im Wege, vor allem weil sich andere Messtechniken eher mit der lokalen Komponente, also wo sich welches Areal im Gehirn befindet, auseinander setzen. Viele EKP-Studien wurden bereits durchgeführt, jedoch rückt bilinguale Sprachverarbeitung erst allmählich in den Interessensfokus der Forschung. Natürlich scheint es nachvollziehbar, zuerst Erkenntnisse über monolinguale Sprachverarbeitung zu erwerben und in diesem Bereich haltbare Theorien und Modelle aufzustellen. Doch sprechen viele Ergebnisse bereits durchgeführter Studien dafür, dass Monolingualität nicht mit Bilingualität gleichzusetzen ist, weder was den Erwerb, noch was die Verarbeitung betrifft.

*“The bilingual is not two monolinguals in one person”*

(Grosjean, 1989, 3)

So gäbe es in Bezug auf Bi- beziehungsweise Multilingualismus<sup>22</sup> einige interessante Fragestellungen, die mit einer älteren, jedoch mittlerweile sehr erprobten Methode, wie dem EEG, durchaus in Angriff genommen werden könnten. Aus psycholinguistischer Sicht wäre der Ansatz der zeitlichen Abläufe während der Sprachverarbeitung und den möglichen Übereinstimmungen mit entwicklungsspezifischen Erwerbsmechanismen ein durchaus denkbarer und überaus interessanter. Hängen die Verarbeitungsmechanismen bei der Sprachrezeption etwa mit den Erwerbsmechanismen beim Spracherwerb chronologisch zusammen oder anders formuliert, kann aus Erkenntnissen der zeitlichen Verarbeitungsabfolgen im Gehirn auf Abfolgen des Spracherwerbs geschlossen werden? Können mit daraus gewonnen Erkenntnissen die sensiblen Perioden und biologischen Zeitfenster konkretisiert oder aber auch widerlegt werden? Momentan scheint das Forschungsinteresse noch mehr auf den lokalen Fragestellungen zu basieren. Doch stößt man auch hier schnell an die Grenzen und Möglichkeiten heutiger Untersuchungsmethoden. Was den kindlichen Spracherwerb betrifft, sind Messtechniken wie etwa das fMRT derzeit kategorisch auszuschließen, da es für Kinder eine zu große Belastung darstellt, beispielsweise wegen dem Lärm des Gerätes. Auch hier muss auf das

---

<sup>22</sup> Zum Thema Multilingualismus, sprich dem Erwerb von mehr als zwei Sprachen, gibt es am wenigsten Forschungsmaterial, speziell zum frühen, natürlichen Multilingualismus.

altbewährte EEG verwiesen werden, denn gerade in Bezug auf den kindlichen Spracherwerb und die spezifischen Erwerbsmechanismen und -abfolgen ist die lokale Komponente zweitrangig. Auch wären Longitudinalstudien in diesem Zusammenhang gefragt. Weiters ist auch die bereits in Kapitel 3.1. erwähnte Problematik der Sprachdominanz nicht zu vernachlässigen. Egal ob von früher oder später Bilingualität oder auch Multilingualität die Rede ist, eine klare Dominanz einer Sprache, je nachdem in welcher sprachlichen Umgebung ein Kind heranwächst, ist nicht zu vermeiden. Hier wäre die Arbeit mit konstruierten Sprachen und deren Erwerb eine Alternative (siehe Friederici, Steinhauer und Pfeifer (2002) in Kapitel 5). Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Untersuchungen in Bezug auf bilingualen und auch multilingualen Spracherwerb durch die steigende Popularität einer multikulturellen Lebensweise und den sich daraus ergebenden sprachlichen Herausforderungen mehr Aufmerksamkeit auch in der neurolinguistischen Forschung zukommen sollte, und deren Ergebnisse auch unterstützend für eine multilinguale Erziehung und der damit verbundenen kulturellen Vielfalt ins Licht der Öffentlichkeit gebracht werden sollten.



## **8. Quellenverzeichnis**

### **8.1. Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Längsschnitt durch das menschliche Gehirn (aus Vester, 2001, 21).....	S.6
Abbildung 2: Bilingual Language Mode (aus Grosjean, 2001, 3).....	S.37
Abbildung 3: Elektrodenanordnung nach dem 10-20 System (aus <a href="http://www.adnf.org/glossaire_neurofeedback.htm">http://www.adnf.org/glossaire_neurofeedback.htm</a> ).....	S.50
Abbildung 4: N400 nach semantischer Regelverletzung (aus Friederici und Alter, 2004, 272).....	S.55
Abbildung 5: Darstellung einer gemittelten (E)LAN und P600 (aus Friederici und Alter, 2004, 272).....	S.56

### **8.2. Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht über Verfahren des Neuroimaging (aus Walter Henrik, 2009 in Schleim Stephan, 2009, 70-71).....	S.43/44
Tabelle 2: Testergebnisse der Studie von Weber-Fox und Neville (1996) (zitiert aus Rossi, 2005, 55).....	S.57/58

## 9. Bibliografie

- Baker, C., & Jones, S. P. (1998). *Encyclopedia of bilingualism and bilingual education*. Bristol: Multilingual Matters Ltd.
- Bentin, S., McCarthy, G., & Wood, C. C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 60(4), 343–355.
- Bhatia, T. K. (2008). *The handbook of bilingualism*. Somerset, NJ: Blackwell.
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. F. (2006). Lernen und Gedächtnis. In: R. F. Schmidt & H.-G. Schaible (Hrsg.), *Neuro- und Sinnesphysiologie*, 5. Auflage, 402–423. Heidelberg: Springer.
- Bösel, R. M. (2006). *Das Gehirn: Ein Lehrbuch der funktionellen Anatomie für die Psychologie*. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag.
- Bryan, K. L. (1989). Language prosody and the right hemisphere. *Aphasiology*, 3(4), 285–299.
- Bußmann, H. (2008). *Lexikon der Sprachwissenschaft*, 3. Auflage. Stuttgart: Kröner.
- Butler, J. (1991). *Das Unbehagen der Geschlechter*. Berlin: Suhrkamp.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54(1–3), 241–257.
- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Sciences*, 9(3), 104–110.
- Cenoz, J., Hufeisen, B., & Jessner, U. (2003). *The multilingual lexicon*. Berlin: Springer.
- Chomsky, N. (1959). A Review of BF Skinner's Verbal Behavior. *Language*, 35(1), 26–58.

- de Cillia, R. (1994). Was heißt hier eigentlich bilingual? Formen und Modelle bilingualen Sprachunterrichts. In: Bundesministerium für Unterricht und Kunst (Hrsg.), *Bilinguale Schulen – Lernen in zwei Sprachen*, 11–22.
- Coltheart, M. (2001). Assumptions and methods in cognitive neuropsychology. In: B. Rapp (Hrsg.), *The handbook of cognitive neuropsychology: What deficits reveal about the human mind* 3-21.
- Dickinson, E., & Wetzsteon, R. (2003). *The collected poems of Emily Dickinson*. New York, NY: Barnes & Noble.
- Dietrich, D. E. (2002). *Zur Emotions/Kognitions-Kopplung bei Störungen des Affekts: neurophysiologische Untersuchungen unter Verwendung ereigniskorrelierter Potentiale*. Basel: Birkhäuser.
- Ebe, M., & Homma, I. (2002). *Leitfaden für die EEG-Praxis: Ein Bildungskompandium*. Amsterdam u.a.: Elsevier, Urban & Fischer Verlag.
- Elbert, T., Junghöfer, M., Rockstroh, B., & Roth, W. T. (2001). Physiologische Grundlagen und psychophysiologische Meßmethoden der Hirnaktivität. In: F. Rösler (Hrsg.) *Grundlagen und Methoden der Psychophysiologie*, Enzyklopädie der Psychologie, Bd. 4, 179–236. Göttingen u.a.: Hogrefe.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2005). *Cognitive psychology: A student's handbook*. New York, NY: Psychology Press.
- Fabbro, F. (1999). *The neurolinguistics of bilingualism: An introduction*. New York, NY: Psychology Press.
- Fausto-Sterling, A. (2000). *Sexing the body: Gender politics and the construction of sexuality*. New York, NY: Basic Books.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Franceschini, R. (2002). Das Gehirn als Kulturinskription. In: J. Müller-Lancé (Hrsg.), *Ein Kopf – viele Sprachen: Koexistenz, Interaktion und Vermittlung*, 54 ff. Aachen: Shaker.
- Friederici, A. D. (2003). Der Lauscher im Kopf. *Gehirn und Geist*, 2003(2), 43–45.
- Friederici, A. D. (2005). Neurophysiological markers of early language acquisition: from syllables to sentences. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(10), 481–488.
- Friederici, A. D., & Alter, K. (2004). Lateralization of auditory language functions: A dynamic dual pathway model. *Brain and Language*, 89(2), 267–276.
- Friederici, A. D., Steinhauer, K., & Pfeifer, E. (2002). Brain signatures of artificial language processing: Evidence challenging the critical period hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(1), 529.
- Graf, P., & Schacter, D. L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11(3), 501–518.
- Grosjean, F. (1989). Neurolinguists, beware! The bilingual is not two monolinguals in one person. *Brain and language*, 36(1), 3–15.
- Grosjean, F. (2001). The bilingual's language modes. In: J. L. Nicol (Hrsg.), *One mind, two languages: Bilingual language processing*, 1–22. Malden, MA: Blackwell.
- Guldimann, T., & Hauser, B. (2005). *Bildung 4- bis 8-jähriger Kinder*. Münster: Waxmann Verlag.
- Hahne, A. (2001). What's different in second-language processing? Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(3), 251–266.
- Hahne, A., & Friederici, A. D. (2001). Processing a second language: Late learners' comprehension mechanisms as revealed by event-related brain potentials. *Bilingualism: Language and Cognition*, 4(02), 123–141.

- Hensch, T. K. (2004). Critical period regulation. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 549–579.
- Hull, R., & Vaid, J. (2007). Bilingual language lateralization: A meta-analytic tale of two hemispheres. *Neuropsychologia*, 45(9), 1987-2008.
- Hyde, K. L., Zatorre, R. J., Griffiths, T. D., Lerch, J. P., & Peretz, I. (2006). Morphometry of the amusic brain: a two-site study. *Brain*, 129(10), 2562.
- James, W. (1890). The principles of psychology, Vol I. Von:  
<http://psycnet.apa.org/psycinfo/2004-16192-000> (eingesehen am: 19. April 2011)
- Jäncke, L. (2006). Funktionale Links-rechts-Asymmetrien. In: H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie*. 2. Auflage, 595–604.
- Kim, K. H. S., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388(6638), 171–174.
- Kirschstein, T. (2008). Wie entsteht das EEG? *Das Neuropsychologie-Labor*, 30(1), 29–37.
- Kohls, G. (2003). Mehrsprachigkeit im Kontext elektrophysiologischer Forschung (Seminararbeit für das Hauptseminar „Neue Untersuchungsansätze in der Erforschung der Sprachverarbeitung und der Mehrsprachigkeit“ Leitung: Prof. Dr. Michael Schecker). Von:  
[http://www.neurolabor.de/InternetpresentationGregor/Mehrsprachigkeit\\_und\\_Ereigniskorrelierte\\_Potentiale.pdf](http://www.neurolabor.de/InternetpresentationGregor/Mehrsprachigkeit_und_Ereigniskorrelierte_Potentiale.pdf) (eingesehen am: 4. Juni 2011)
- Kuhn, A. (2006). Erstspracherwerb und früher Fremdspracherwerb. Von:  
<http://www.schule-bw.de/schularten/sonderschulen/fruehesfremdsprachen/unterlagen/Erstspracherwerb.pdf> (eingesehen am: 14. Dezember 2010)
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203–205.

- Kutas, M., & Van Petten, C. K. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potential investigations. In: M. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of psycholinguistics*, 83–143. London: Academic Press.
- Lenneberg, E. H. (1967). *Biological foundations of language*. New York, NY: Wiley.
- Lorenz, K. Z. (1937). The companion in the bird's world. *The Auk*, 54(3), 245–273.
- Meisel, J. (2003). Zur Entwicklung der kindlichen Mehrsprachigkeit. Von: <http://www1.uni-hamburg.de/romanistik/personal/pdf-Dateien/Zur%20Entwicklung%20der%20kindlichen%20Mehrsprachigkeit.pdf> (eingesehen am: 22. Oktober 2010)
- Meisel, J. M. (2007). Mehrsprachigkeit in der frühen Kindheit: Zur Rolle des Alters bei Erwerbsbeginn. In: T. Anstatt (Hrsg.), *Mehrsprachigkeit bei Kindern und Erwachsenen. Erwerb. Formen. Förderung*, 93–113. Tübingen: Attempto.
- Nitsch, C. (2007). Mehrsprachigkeit: eine neurowissenschaftliche Perspektive. In: T. Anstatt (Hrsg.), *Mehrsprachigkeit bei Kindern und Erwachsenen. Erwerb. Formen. Förderung*, 47–68. Tübingen: Attempto.
- Overmann, M. (2004). Frühes Fremdsprachenlernen lohnt sich – Neurobiologische Forschungen zur Mehrsprachigkeit. *Französisch heute*, 35(2), 208–214.
- Pauen, S. (2006). Zeitfenster der Gehirn- und Verhaltensentwicklung: Modethema oder Klassiker? In: U. Herrmann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*, 31–40. Weinheim und Basel: Beltz.
- Piaget, J. (1974). *Biology and knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rausch, P. & Schaner-Wolles, C. (2010). (2010). Neurolinguistik. In: Susanna Buttaroni (Hrsg.), *Wie Sprache funktioniert. Einführung in die Linguistik für Pädagoginnen und Pädagogen*, 109-157. Hohengehren: Schneider.
- Rüsseler, J., & Münte, T. F. (2005). Kognitive Potenziale (ereigniskorrelierte Potenziale, EKP). In: H. Buchner & J. Noth (Hrsg.), *Evozierte Potenziale, neurovegetative*

*Diagnostik, Okulographie*, Referenz-Reihe Neurologie, 80–94. Stuttgart: Thieme.

Schaner-Wolles, C. (2005a). Wie kommt ein Kind zu seiner Sprache? In:

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Hrsg.), *Sprachliche Förderung von Kindern im Jahr vor dem Schuleintritt. Tool Box 1: Schulungsinhalte für Kindergartenpädagoginnen und -pädagogen und Lehrer/innen*, 19–29.

Schaner-Wolles, C. (2005b). Sprachliche Entwicklung beim Kind. In: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Hrsg.), *Sprachliche Förderung von Kindern im Jahr vor dem Schuleintritt. Tool Box 1: Schulungsinhalte für Kindergartenpädagoginnen und -pädagogen und Lehrer/innen*, 49–63.

Schaner-Wolles, C. (2010). Mehrsprachigkeit und Sprachförderung in der frühen Kindheit. In: R. Muhr & G. Biffl (Hrsg.), *Sprache – Bildung – Bildungsstandards – Migration. Chancen und Risiken der Neuorientierung des österreichischen Bildungssystems*, Österreichisches Deutsch – Sprache der Gegenwart, Bd. 13, 174–200. Wien: Peter Lang.

Schaner-Wolles, Chris. (2008). Die Sprache des Menschen – auf der Suche nach der Universalgrammatik. Über den kindlichen Spracherwerb und über das Gehirn als zentrales Sprachorgan. *Was ist der Mensch? Beiträge von Vortragenden der Montagsakademie 2007/08*, Publikationsreihe zur Montagsakademie, Bd. 4. Graz: Karl-Franzens-Universität.

Schleim, S. (2009). *Von der Neuroethik zum Neurorecht?* Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Singer, W. (2003). Was kann ein Mensch wann lernen? Ein Beitrag aus Sicht der Hirnforschung. *Theorie und Praxis der Sozialpädagogik*, Bd. 5, 67–74.

Sommer, T. (2010). Neuroimaging: neuro-bildgebende Verfahren. In: G. Hermey, C. Mahlke, M. Schwake, & T. Sommer (Hrsg.), *Der Experimentator:*

*Neurowissenschaften*, Der Experimentator, 209-263. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological monographs*, 74(11), 1–29.

Stern, R. M., Ray, W. J., & Quigley, K. S. (2001). *Psychophysiological recording*. New York, NY: Oxford University Press.

Stöhr, M. (1999). *Neuromonitoring*. Basel: Birkhäuser.

Vester, F. (1975). *Denken, Lernen, Vergessen. Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann läßt es uns im Stich?* München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Wattendorf, E., Westermann, B., Zappatore, D., Franceschini, R., Lüdi, G., Radü, E. W., & Nitsch, C. (2001). Different languages activate different subfields in Broca area. *NeuroImage*, 13(6), 624.

Weber-Fox, C. M., & Neville, H. J. (1996). Maturational constraints on functional specializations for language processing: ERP and behavioral evidence in bilingual speakers. *Journal of cognitive neuroscience*, 8(3), 231–256.

Zollinger, B. (1994). *Spracherwerbsstörungen. Grundlagen zur Früherfassung und Frühtherapie* (4. Auflage). Bern: Haupt.

Zschocke, S. (2002). *Klinische Elektroenzephalographie*. Heidelberg: Springer.



## 10. Anhang

### *A Zusammenfassung*

Die vorliegende Diplomarbeit setzt sich in erster Linie mit Bilingualität auf kognitiver Ebene auseinander. Dem ging der Anspruch voraus, diverse Forschungsarbeiten, welche mit ereigniskorrelierten Potenzialen (EKP) arbeiteten, zusammenzutragen, um einen Überblick der Aufschlüsse über die Repräsentation von mehreren Sprachen im Gehirn zu geben.

Ereigniskorrelierte Potenziale sind unter anderem das Ergebnis von EEG-Messungen, eine spezifische Reaktion auf einen ausgelösten Reiz. Deren Analyse ermöglicht es uns, eine Vorstellung der Prozesse im Gehirn auf zeitlicher Ebene zu bekommen, um daraus auf die Organisation von sensorischen, motorischen und kognitiven neuronalen Prozessen schließen zu können. Viele Studien zum Erstspracherwerb arbeiten mit EKP. Daraus resultieren unter anderem signifikante Ergebnisse in Bezug auf die Organisation von Semantik und Syntax.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht der bilinguale, unauffällige Erstspracherwerb, dennoch wird ebenso auf den monolingualen, unauffälligen Erstspracherwerb eingegangen um eine Grundlage für die weiteren Ausführungen zu geben. Die Einführung des Procederes einer kompletten EEG-Messung bildet eine weitere Grundlage für die Auseinandersetzung mit Forschungsergebnissen in diesem Bereich. Den Abschluss und eigentlichen Anspruch dieser Arbeit bilden ausgewählte Studien- und Forschungsergebnisse, sowie einen möglichen Forschungsausblick, was zukünftig mit Hilfe der Messung von EKP im Bereich von bilingualem Erstspracherwerb noch möglich sein kann.

## ***B Abstract***

This thesis deals with the subject of bilingualism in a cognitive way. It claims to give a summary of the research, which is based on event related potentials (ERP) for giving an overview about the explorations of the organisation of several languages in the brain.

Event related potentials are the results of EEG-measurements or rather a specific reaction to a stimulus. Analysing them gives us the possibility to imagine the temporal processes in the brain, which helps to infer to the organisation of sensoric, motoric and cognitive neuronal processes. There is many research on first language acquisition, which is based on ERP. Because of that, there are many significant conclusions about the organisation of semantics and syntax.

The focus of this thesis is the bilingual first language acquisition without pathological findings, but the monolingual first language acquisition will also be mentioned, because of the fact that it helps to understand all the following explanations. Furthermore the procedure of an EEG-measure will be picked out as a central theme for a better understanding. The conclusion and actual claim of this thesis are selected research studies and possible perspectives in working with ERP related to a bilingual first language acquisition.

## ***C. Curriculum Vitae***

### **Persönliche Information**

Geburtsdatum: 13. Oktober 1985  
Geburtsort: Linz, Oberösterreich  
Nationalität: Österreich

### **Ausbildung**

Seit 10/2005: Diplomstudium der Sprachwissenschaft an der Universität Wien  
1996-2004: Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Peralp, Villach  
1992-1996: Volksschule Auen, Villach

### **Berufserfahrung**

2007-2011: Angestellte im Schauspielhaus Wien

### **Kenntnisse und Interessen**

Sprachkenntnisse: Deutsch: Muttersprache  
Englisch: in Wort und Schrift (Cambridge certificate)  
Schwedisch, Französisch: Grundkenntnisse

EDV-Kenntnisse: ECDL